ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME III JUILLET 1944 NUMÉRO II

La science et le film

Nous publions dans cette revue, un article ayant trait à un film récemment tourné dans un hôpital de Londres. Ce film marque un progrès évident dans l'utilisation du cinéma pour les besoins de la science. Il enregistre les différents mouvements de la langue, au cours de l'élocution, et c'est le premier document du genre que l'on possède. Ce film est donc important, non seulement pour l'intérêt scientifique qu'il présente, mais pour les incomparables services qu'il peut rendre dans le domaine de la thérapeutique de l'élocution. Il a suscité dans les milieux de la R.A.F. un enthousiasme d'autant plus grand qu'il est appelé à jouer parmi les aviateurs, un rôle des plus utiles dans la rééducation de l'élocution chez les blessés de la face.

Il règne encore, dans les milieux scientifiques, une certaine tendance qui consiste à considérer le cinéma comme un moyen de distraction, et à prétendre que le public rejette tous les films n'ayant pas un caractère dramatique, ou tout au moins, n'étant pas présentés de manière à ne demander aucun effort intellectuel, et ne laissant, en conséquence, aucune impression durable. Si une telle assertion est vraie, cela tient sans doute à certains défauts de la culture moderne contre lesquels la science se doit de réagir. On est à même de constater qu'une assez grande proportion des spectateurs fréquentant les cinémas, bien que ne représentant pas la majorité du public, montre cependant un intérêt évident pour les films d'un caractère documentaire. Par ailleurs, nombre de propriétaires de cinéma ont senti la nécessité d'introduire dans leurs programmes un pourcentage de films « qui font appel à l'intelligence plutôt qu'ils ne vont à l'assaut des émotions ». Malheureusement, l'activité envahissante du publiciste, a rendu ce genre de film souvent suspect. En effet, on s'en est trop fréquemment servi dans un but de propagande et de publicité. Néanmoins le succès de documentaires tels que « Les Secrets de la Nature », film anglais universellement admiré, est une preuve irréfutable de la place de plus en plus importante que l'on peut et que l'on doit donner aux films documentaires éducatifs. Malheureusement, aucune tentative sérieuse n'a été faite jusqu'à présent pour produire en quantité suffisante, des films scientifiques dont la simplicité ou le caractère attrayant les rende accessible au grand public.

C'est seulement depuis ces dernières années que l'on s'est rendu compte du rôle de plus en plus grand joué par le cinéma, dans la vulgarisation scientifique. Cette guerre a fourni au cinéma des occasions de développement, car il devenait de plus en plus nécessaire d'avertir ou d'instruire les services ou le public de certaines mesures de sécurité et de comportement. Un indice des plus encourageants est la rapidité avec laquelle les associations de films scientifiques se sont multipliées. En Grande Bretagne, cent de ces Associations se sont récemment groupées en une Association Nationale unique. Le rôle d'une telle Société est des plus appréciables, en raison des encouragements qu'elle offre à ceux qui sont désireux de patronner des films scientifiques. En effet, cette Association Nationale leur donne l'assurance, en quelque sorte, que les films qu'ils sont à même de produire seront vus par un public vaste et sélectionné, d'un niveau intellectuel supérieur à celui que l'on rencontre généralement dans une salle de spectacle. Quant à ce qu'il est convenu d'appeler un film scientifique, nous pouvons nous en tenir à cette définition détaillée qui considère comme scientifique: « tout film qui (*a*) présente objectivement des phénomènes ou des évènements en vue d'être observés, ou étudiés; (*b*) qui examine, présente ou explique ces phénomènes ou ces évènements d'une manière telle qu'il nous les montre toujours comme faisant partie d'un

tout cohérent et rationnel; (*c*) qui implique que l'examen, la présentation ou l'explication en question peut être employé par n'importe qui en tant que méthode d'observation, et lui permet d'enrichir ses connaissances ».

Il est indispensable qu'un film ne traîte jamais qu'un seul sujet à la fois. En effet, pour qu'un film scientifique soit considéré comme une réussite, encore faut-il que le sujet traîté soit compris et assimilé par la majeure partie du public. Une des difficultés auxquelles on peut se heurter est qu'il ne sera pas toujours facile aux spécialistes produisant des films scientifiques de se mettre à la portée du public, et qu'il leur arrivera d'employer quelquefois des termes, ou de montrer des images un peu trop techniques. Mais après tout, nous ne devons pas nous contenter de faire comprendre au spectateur moyen, les progrès pratiques de la science, il nous faut surtout familiariser le grand public avec les méthodes scientifiques, et le pénétrer peu à peu, pour ainsi dire, de l'esprit de la science. Le cinéma est, sans nul doute, le moyen le plus sûr et le plus rapide pour arriver à un tel résultat, à condition, bien entendu, qu'on l'utilise avec intelligence et discernement. Peut-être n'influencerons nous que moyennement les couches âgées du public, dont le degré de réceptivité est émoussé, mais l'avenir dépend des générations plus jeunes; on ne peut nier que grâce au cinéma, une infinité de domaines nouveaux aient été rendus accessibles aux enfants et aux adolescents. Cependant, même en ce qui concerne les nouvelles générations, des problèmes se posent. Nous savons, par des exemples chaque jour plus nombreux ce que l'on peut attendre des films pédagogiques, et déjà, beaucoup d'établissements universitaires sont prêts à accueillir toutes les possibilités que le cinéma peut offrir en matière d'enseignement. Mais, nous devons nous méfier d'un enthousiasme des maîtres, qui risquerait de nuire à l'esprit critique, car cela, plus que tout autre chose, affecterait le domaine de l'enseignement scientifique. Les professeurs de science seront donc responsables pour une grande part du choix qu'ils feront des films qu'ils jugeront utiles à leur enseignement, et ce ne sera pas là une tâche aussi facile que l'on pourrait croire. En effet, cela impliquera la production de films d'essai dont les projets seront établis par des professeurs de science en collaboration avec des techniciens. On procédera ensuite par des méthodes diverses à des investigations tendant à établir les résultats obtenus dans les différents établissements où ces films auront été présentés. En tous cas, tant qu'une sélection de ce genre ne sera pas établie, on ne saurait assez mettre en garde les professeurs, contre la vague de films qui leur seront proposés dès la fin de la guerre. De toutes façons il sera nécessaire de perfectionner les professeurs dans ce domaine, tant du point de vue psychologique que du point de vue technique.

Dans les collèges et dans les universités, le cinéma est appelé à jouer un rôle de premier ordre dans le domaine de la recherche comme dans celui de l'enseignement. L'usage de films enregistrant certains mécanismes naturels (comme celui mentionné tout à l'heure sur les mouvements de la langue) ou présentant certaines démonstrations experimentales, constitue une excellente méthode mettant l'étudiant en contact direct avec le sujet étudié, en lui permettant, en même temps, de suivre au fur et à mesure le processus de certains développements. Le cinéma peut être également employé pour montrer des experiences de laboratoire ayant trait à la recherche industrielle; dans ce cas, il stimule l'intérêt de l'étudiant, en lui faisant comprendre comment un sujet, qui autrement aurait pu lui paraître purement académique, fastidieux même, trouve son application pratique bien définie dans le domaine de la production.

En matière de recherche, le cinéma s'est maintenant avéré un précieux auxiliaire, en particulier lorsqu'il s'agit de suivre le développement et l'évolution d'une matière organique vivante. Témoin infaillible et rigoureux, il enregistre et décèle les phénomènes les plus subtils, et permet ainsi de les étudier et de les analyser à loisir. En effet, il suffira d'accélerer ou de ralentir la prise de vue pour avoir la révélation intégrale d'un processus continu qu'il eut été impossible de découvrir autrement.

On doit dès maintenant envisager la production de ces films de plus près, car le travail d'exploration réalisé aujourd'hui, facilitera la production dès que la paix régnera à nouveau sur le monde.

On est prié d'adresser les manuscrits et la correspondance au rédacteur en chef, E. J. Holmyard, Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.I. Nous invitons les chercheurs qui poursuivent des travaux importants ou intéressants à nous envoyer de courtes notes sur les expériences en cours et sur leurs derniers résultats.

Les conditions climatériques et l'homme

DAVID BRUNT

Est-ce par l'effet du hasard que les civilisations anciennes prirent naissance aux environs de l'isotherme de température annuelle moyenne de 20° C? Est-il significatif que les splendeurs de l'Angleterre des Tudor se soient développées si rapidement après la généralisation du chauffage au charbon? Le professeur Brunt a d'intéressantes suggestions à faire sur ces points, et il montre aussi combien les réactions de l'homme de race blanche aux conditions des climats chauds auront d'importance dans les règlements d'après-guerre.

LES RÉACTIONS DU CORPS HUMAIN AUX CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES

Les meilleures conditions de travail pour le corps humain sont réalisées lorsque sa température interne est voisine de 36,67° C; tout écart marqué de cette température conduit à un malaise et, dans les cas extrêmes, à la mort. La chaleur est produite dans le corps par les phénomènes de digestion et par l'effort musculaire, et elle doit être dissipée aussi rapidement qu'elle est produite si l'équilibre de température du corps doit être maintenu. Toutefois, il peut exister un équilibre approximatif pour des conditions extérieures très variées, et la température corporelle interne d'un homme grelottant de froid un jour d'hiver, sera sensiblement la même que celle qu'il présentera un jour d'été, lorsque la sueur coulera de son front.

La chaleur produite dans le corps est transmise à la peau, en grande partie par la circulation sanguine, et elle est dissipée par rayonnement, par les mouvements de l'air et par évaporation de la transpiration. Dans un milieu froid, les vaisseaux sanguins superficiels se contractent, de telle sorte que la conduction de la chaleur à la peau se trouve contrôlée, tandis que la perte de chaleur de la peau au profit du milieu environnant est diminuée dans une certaine mesure par suite de refroidissement de la peau. A un stage donné de refroidissement du corps, il y a grelottement, ce qui est une tentative de production de chaleur par mouvement musculaire. La chair de poule, qui est un redressement involontaire des poils du corps par l'action de petits muscles individuels, est une tentative de conservation d'une couche d'air chaud aussi profonde que possible, autour de la peau. La génération interne de chaleur dans le corps est accélérée à basse température par dégagement dans la circulation sanguine de liquides produits par les glandes thyroïde et surrénales.

Dans un milieu chaud ou au cours de l'effort physique, un nouveau mode de régularisation de la chaleur entre en action. Les glandes sudoripares deviennent actives et dégagent de l'eau à la surface de la peau d'où elle s'évapore, ce faisant lui enlevant de la chaleur. La vitesse de transpiration augmente avec la température ambiante jusqu'à atteindre le point où la sueur découle du corps. Si, en dépit de la perte de chaleur due à l'évaporation de la transpiration, la température du corps continue à croître, la tension artérielle tombe, la vitesse du pouls augmente, l'on ressent de violentes palpitations suivies par un état de stupeur qui se termine par la mort par congestion.

Chez un individu en position couchée, à l'intérieur d'une chambre, les glandes sudoripares n'entrent en activité que lorsque la température ambiante atteint environ 29° C. A des températures inférieures, il y a perte insensible d'eau sous forme de vapeur, par la peau et les cloisons pulmonaires. La transpiration cutanée insignifiante ne passe pas par les glandes sudoripares, sauf dans la paume des mains et la plante des pieds; elle ne mouille pas la peau. La quantité varie considérablement avec les individus et l'on considère qu'elle est généralement de 0,019 l à 0,032 l par heure, ou environ 0,5 l à 0,8 l par jour. La sécrétion de sueur en période d'activité est beaucoup plus élevée et peut aller jusqu'à 4 l par heure au cours d'une partie de football animée.

La température de la peau varie avec les différentes parties du corps et, dans une atmosphère froide, elle est minimum sur les pieds, puis sur les mains, et maximum sur la tête. Les extrémités sont les parties du corps les plus froides et le tronc est celle qui est le moins affectée par une basse température environnante. Le port d'une quantité suffisante de vêtements conservera la température de la peau du tronc à un niveau élevé, mais les extrémités demandent une protection spéciale dans un milieu froid.

LE RÉGIME THERMIQUE DU CORPS À L'INTÉRIEUR DES MAISONS

Les phénomènes d'oxydation des tissus au cours de la digestion ou au cours d'efforts physiques sont réunis sous le nom de *métabolisme*, et la vitesse de génération de chaleur dans le corps par ces processus s'appelle taux métabolique. Il y a trois processus de soustraction de chaleur du corps. La chaleur sera portée par l'air (par convection) vers le corps ou hors du corps, selon que l'ambiance est plus chaude ou plus froide que la peau. Le corps gagnera ou perdra de la chaleur par radiation au détriment ou au profit des objets environnants, des murs, etc., selon que les parties rayonnantes du milieu sont plus chaudes ou plus froides que la peau. De plus, il y a constamment perte de chaleur par évaporation de la transpiration cutanée et par celle de l'eau des parois pulmonaires. Le corps peut subir une perte nette de chaleur et devenir plus froid, ou un gain net de chaleur et devenir plus chaud. La vitesse de déperdition de chaleur du corps est appelée *taux d'accumulation* et est traitée comme une valeur négative lorsque la teneur en chaleur du corps croît.

La somme du taux métabolique et du taux d'accumulation doit être égale à la somme des trois vitesses de déperdition — par évaporation, par radiation et par convection. Le taux métabolique est mesuré par l'échange oxygène–anhydride carbonique du corps. La vitesse de déperdition de chaleur par évaporation est déduite de la perte de poids du corps. Le taux d'accumulation est déduit de la variation de la température moyenne du corps, la chaleur spécifique du corps étant admise égale à 0,83. Il est possible alors de calculer la vitesse de déperdition de chaleur par radiation et convection.

Les données numériques expérimentales dont il est question plus loin, ont été accumulées au cours d'une longue série d'expériences effectuées au Laboratoire d'Hygiène John B. Pierce, de Newhaven, Conn., par le directeur du laboratoire (le Dr C. E. A. Winslow), le Dr L. P. Herrington et le Dr A. P. Gagge. Les sujets en expérience étaient placés dans un pavillon spécialement construit, et dans lequel la température, l'humidité et les mouvements de l'air pouvaient être réglés tandis que le rayonnement des murs pouvait être fixé par des dispositifs spéciaux de réflexion et de chauffage dans les murs. La balance employée pour peser les sujets était sensible à 2 grammes. Les vêtements portés se composaient de vêtements de dessous en coton, en deux pièces, d'une chemise de coton sans cravate, de chaussettes, de souliers de cuir bas et d'un costume gris à jaquette doublée aux trois-quarts et à gilet entièrement doublé. Les mouvements de l'air étaient réduits à la vitesse de 5 m par minute.

Les résultats d'une série d'expériences effectuées sur des sujets ainsi vêtus, en position couchée, à l'intérieur d'une chambre, sont résumés dans la figure 1. Les vitesses d'échange sont exprimées en kg-cal par m² de surface de peau et par heure. La température expérimentale portée sur le diagramme est une moyenne entre la température de l'air et des murs, qui est supposée représenter l'effet combiné du rayonnement et de la convection, et c'est la somme de ces deux facteurs qui est indiquée sur le diagramme.

Le taux métabolique, tel qu'il est indiqué sur la figure 1, varie peu avec la température, bien qu'il présente une augmentation nette pour les plus basses. La perte par évaporation, pour toutes les températures d'expérience jusqu'à 29° C, résulte de la combinaison de l'évaporation pulmonaire et de la perte due à la transpiration cutanée insensible. A des températures supérieures à 29° C, la perte par évaporation est due en majeure partie à celle de la sueur dégagée par les glandes sudoripares et, dans une atmosphère chaude, c'est cette évaporation qui exerce un contrôle essentiel sur la température du corps. Aux basses températures de l'air les pertes calorifiques sont essentiellement réglées par l'action conjuguée du rayonnement et de la convection, mais aux plus hautes températures figurant sur ce diagramme, ces deux facteurs cèdent au corps une légère augmentation de chaleur, ce gain pouvant devenir notable lorsque les mouvements de l'air sont considérables. La courbe d'accumulation montre que pour des températures ambiantes inférieures à 25,5° C le corps perd de la chaleur et se refroidit. On peut ainsi marquer une zone de refroidissement du corps à 25,5° C et au-dessous, et une zone réglée par l'évaporation à 29° C et au-dessus. Dans la zone intermédiaire, il n'y a ni refroidissement du corps ni sécrétion active de sueur, et l'équilibre est maintenu par le réglage du courant de chaleur provenant de l'intérieur du corps par la dilatation ou la contraction des vaisseaux sanguins superficiels. Cette zone intermédiaire est appelée zone de réglage vaso-moteur.

La figure 2 montre, pour des séries de températures identiques à celles de la figure 1, des valeurs moyennes de températures de la peau des régions humides de l'épiderme, et de conductance du

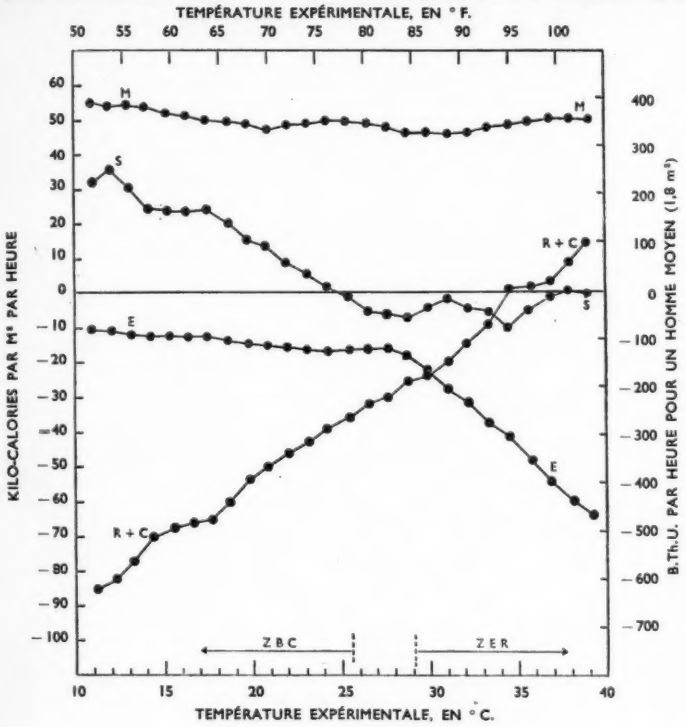


FIGURE 1 – *Rapport des différents facteurs dans les échanges calorifiques du corps vêtu aux diverses températures d'expérience, pour une vitesse de l'air de 0,085 m par sec et une humidité relative moyenne.* M = *taux métabolique;* S = *taux d'accumulation;* E = *perte par évaporation;* R + C = *somme des pertes par rayonnement et par convection;* ZBC = *zone de refroidissement du corps;* ZER = *zone de réglage par évaporation.* (*D'après Winslow*, 1941.)

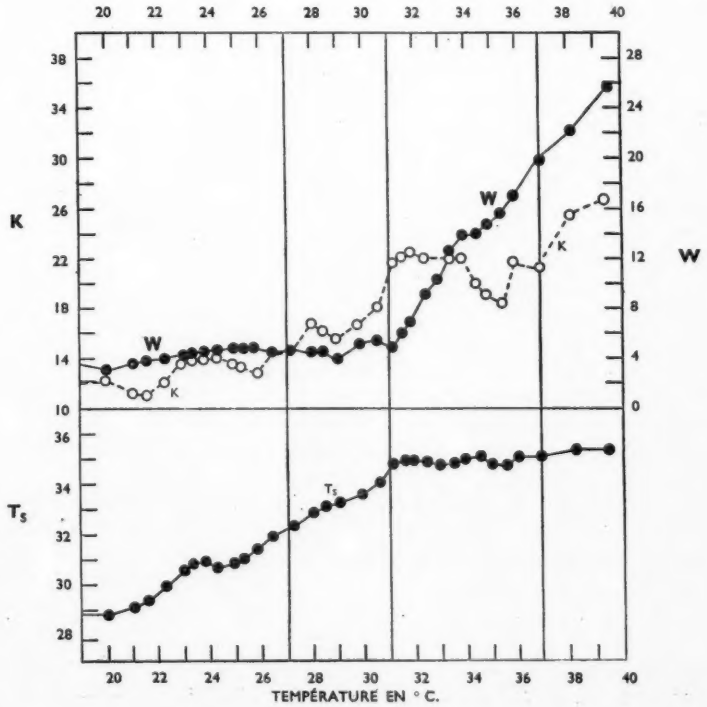


FIGURE 2 – *Réaction physiologique à différentes températures expérimentales.* W = *surface mouillée de la peau;* K = *conductance;* T = *température moyenne de la peau (pour des sujets nus).* (*D'après Winslow*, 1941.)

corps, pour des sujets nus. Dans la zone de réglage par évaporation, la température de la peau est indépendante de la température d'expérience, sauf au-dessus de 37° C, où l'on constate une légère augmentation. Pour toutes les températures au-dessous de 31°, celle de la peau tombe d'environ 1° pour 2° de chute de la température expérimentale.

La conductance K est la mesure du pouvoir conducteur calorifique du corps. Elle est égale à la somme du taux métabolique et du taux d'accumulation calorifique du corps, divisée par la différence entre les températures interne et externe du corps. Cette valeur est presque constante dans la zone de refroidissement du corps, elle augmente dans la zone de réglage vaso-moteur, est sensiblement constante dans la zone de réglage par évaporation et croît légèrement pour des températures supérieures à 37° C. La conductance mesure la facilité avec laquelle la chaleur du corps est amenée à l'extérieur, vers la peau. L'expérience a montré qu'elle était moins grande chez les hommes gras que chez les individus maigres, et probablement moindre chez les femmes que chez les hommes. Ceci peut être expliqué par le fait que les femmes ont généralement une couche graisseuse sous-cutanée plus considérable que les hommes; elles font preuve, d'autre part, d'une tendance à augmenter plus facilement que les hommes leur métabolisme à basse température. Pour cette raison, elles peuvent supporter sans inconvénient un degré de froid que les hommes, avec la même quantité de vêtements, trouveraient désagréable. Mais la conductance plus faible du corps des femmes produit, à des températures élevées, un courant de chaleur plus lent vers la peau, et, de ce fait, les hommes transpirent à plus basse température que les femmes, et plus abondammant à haute température. Pour cette raison, les hommes sont souvent moins incommodés que les femmes par la chaleur, bien que ces effets soient, en quelque sorte, contrebalancés par la tendance plus grande chez les femmes à diminuer la production métabolique de chaleur aux températures élevées. Dans les tropiques, les hommes de couleur, qui sont généralement plus maigres que les blancs, transpirent moins visiblement, leur corps ayant, en conséquence, une conductance supérieure à celle du corps des blancs.

CONDITIONS RÉALISÉES EN PLEIN AIR

En plein air, lorsque le soleil brille, le corps et les vêtements absorbent des rayons à ondes courtes émis par le soleil et le ciel, et, par temps ensoleillé, dans les climats chauds, les vêtements devraient être combinés de façon à réfléchir la plus grande partie possible de ces rayons.

Lorsque le temps est clair, il y a déperdition nette de chaleur du corps sous forme de rayons à ondes longues, au profit de l'ambiance, due à la série limitée de longueurs d'ondes du rayonnement atmosphérique.

EFFETS DE LA VARIATION DE L'HUMIDITÉ ATMOSPHÉRIQUE

La vitesse d'évaporation sur la peau est déterminée par deux facteurs: *a*) la proportion de peau mouillée par la sueur; *b*) la différence entre la tension de vapeur de l'air saturé à la température moyenne de la peau et la tension de vapeur de l'air ambiant. La température de l'air restant constante, si sa teneur en humidité est augmentée, le corps réagit en augmentant la surface de peau humidifiée, ce qui a pour résultat de maintenir presqu'inchangée la perte totale de chaleur par évaporation. Le but de la transpiration est le maintien de l'équilibre thermique du corps et, en toutes circonstances, la transpiration est limitée au minimum nécessaire pour le maintien de l'équilibre de température du corps.

La température de la peau est à peine affectée par l'humidité relative de l'air, et elle ne devient sensiblement plus élevée que dans une atmosphère sèche à la même température, que pour de l'air à 80 pour cent d'humidité et au-dessus de 35° C. A des températures modérées ou basses, la perte calorifique due à la production insensible de transpiration est indépendante des conditions atmosphériques et même, du port de vêtements, étant entièrement réglée par des facteurs internes.

EFFET DE LA VARIATION DE LA VITESSE DU VENT SUR LA PERTE DE CHALEUR PAR ÉVAPORATION

Si l'on accepte le postulat suivant lequel l'évaporation de la transpiration est limitée à la plus faible valeur nécessaire pour maintenir constante la température du corps, il s'ensuit que dans une atmosphère à température et teneur en humidité données, une augmentation de vitesse de l'air aura pour effet une augmentation de perte de chaleur par convection, et, par conséquent, une diminution de la perte par l'évaporation.

La réaction physiologique du corps à l'augmentation de l'humidité relative et à la diminution de vitesse de l'air — ces deux facteurs ayant tendance à diminuer la vitesse d'évaporation par unité de

surface de peau humide, est une augmentation de la région mouillée.

ACTION DES VÊTEMENTS

L'interposition de vêtements entre la peau et l'air ambiant modifie les échanges de chaleur par rayonnement et convection entre le corps et l'air et constitue une protection contre un milieu froid ou chaud. La perte de chaleur du corps par rayonnement et convection est moindre pour le sujet habillé que pour le sujet nu, mais la différence entre les pertes par évaporation dans ces deux cas est faible pour des températures inférieures à 35° C. Au-dessus de cette limite, la perte par évaporation est plutôt plus forte pour le sujet nu que pour le sujet habillé.

EFFETS DE L'EFFORT PHYSIQUE

Au cours du travail physique, la transpiration active prend place à température plus basse que dans le cas d'un sujet au repos. Dans le cas de transpiration active, il se produit sur tout le corps une chute notable de la température superficielle, qui facilite l'arrivée croissante de chaleur de l'intérieur du corps.

LE CONFORT DANS LES CONDITIONS RÉALISÉES À L'INTÉRIEUR DES MAISONS

Une grande partie de notre existence se passe à l'intérieur des maisons, dans des conditions telles que la perte de chaleur du corps par évaporation est limitée à celle qui provient de la transpiration insensible et de l'évaporation pulmonaire, de sorte que l'équilibre thermique est réglé en majeure partie par le rayonnement et la convection. Si l'on admet que les surfaces rayonnantes sont à la même température que l'air, le corps habillé perdra de la chaleur par rayonnement et par convection à la vitesse de $(3{,}6 + 10{,}4\sqrt{v})$ unités par degré C de différence entre la température de l'air et celle de la partie du corps exposée à l'air. v représente ici la vitesse de l'air en m par sec. La vitesse totale de perte par rayonnement et convection est donc déterminée *a*) par la température de l'air ambiant, *b*) par la quantité de vêtements et *c*) par le mouvement de l'air.

Il n'est pas toujours possible de supposer que les surfaces effectives de rayonnement qui nous entourent aient la même température que l'air. A l'intérieur d'une baraque en tôle, exposée à un brillant soleil, le rayonnement émis par le toit et les murs peut être assez fort pour devenir intolérable.

Dans les climats très chauds, le rayonnement des murs est un important facteur du maintien de l'équilibre du corps. Il est bon de le réduire au minimum en employant pour la construction des matériaux non-conducteurs, à faible capacité calorifique et en faisant des murs et des toits doubles, avec une large couche d'air intermédiaire. Les toits de chaume offrent ces avantages: ils sont frais en été et chauds en hiver.

LIMITES DU RÉGLAGE PAR TRANSPIRATION; CONDITIONS DE CONGESTION

Lorsque le taux métabolique est connu et que la température de la peau peut être mesurée, on peut formuler une équation exprimant l'équilibre entre le taux métabolique et la perte ou le gain de chaleur par rayonnement, conduction et évaporation, dans une atmosphère à n'importe quelle température et degré d'humidité et pour n'importe quelle agitation de l'air, si l'on peut supposer que les surfaces rayonnantes sont à la même température que l'air. L'équation peut indiquer, pour n'importe quelle température, l'humidité relative maximum pour laquelle l'équilibre thermique peut être maintenu. En suivant cette méthode et en évaluant le mouvement de l'air à 5 m par minute on a établi, pour un individu en position étendue, le graphique reproduit sur la figure 3. Ici, la courbe AA donne les limites des conditions tolérables pour un corps nu et la courbe BB donne les limites correspondantes pour un corps habillé de la façon précédemment décrite. Dans les conditions correspondant à un point situé à droite de la courbe appropriée, la température du corps augmentera et continuera à augmenter tant que ces conditions seront maintenues. Le résultat sera une congestion. D'après la figure 3, on voit que pour des températures très élevées de l'air, le port de vêtements constitue une protection certaine contre la chaleur. Les longs vêtements flottants portés par les Arabes donnent cette protection contre la chaleur de l'atmosphère et réfléchissent en même temps une grande partie des rayons incidents du soleil. Dans l'air complètement sec, la plus haute température tolérable pour un individu habillé est 59° C (il est intéressant de noter que la plus haute température atmosphérique qui ait jamais été notée était de 58,7° C et a été observée à Azizia, en Tripolitaine), tandis que pour un individu nu, la plus haute température tolérable est d'environ 45° C. Dans l'air saturé, la plus haute température tolérable est 31° C pour un individu habillé, et environ 33° C pour un

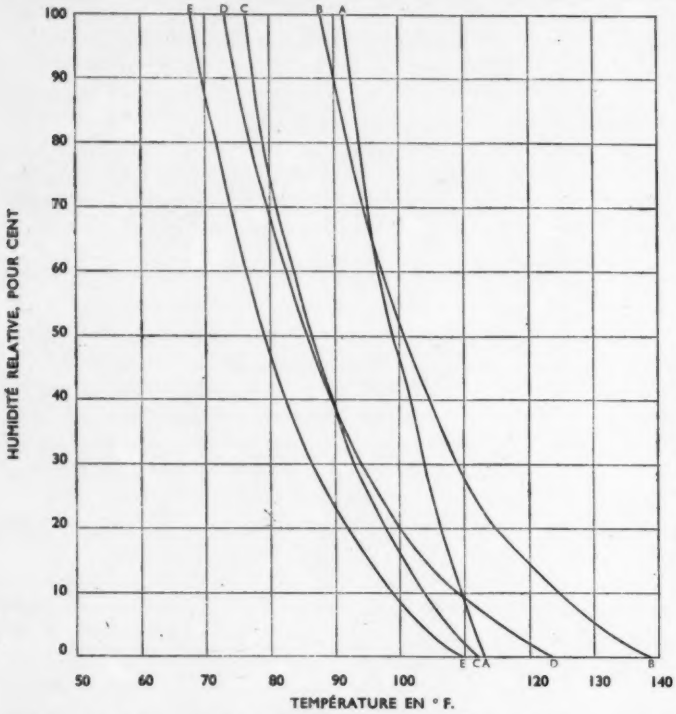


FIGURE 3 – *Courbes des limites de séries de conditions supportables pour divers degrés d'activité.* AA *sujets nus, au repos, à l'intérieur;* BB, *sujets habillés, au repos, à l'intérieur;* CC *sujets habillés, au repos, au soleil;* DD *sujets habillés, marchant à la vitesse de* 6,4 *km à l'heure (pas au soleil);* EE *sujets vêtus, marchant à la vitesse de* 6,4 *km à l'heure, au soleil.*

individu nu. Ceci correspond de très près aux résultats obtenus par J. B. S. Haldane et ses collaborateurs, qui indiquent 31° C comme étant la température limite tolérable dans les mines de charbon, même pour des hommes nus jusqu'à la ceinture et au repos.

Les courbes AA et BB de la figure 3 se rapportent à des hommes à l'état de repos et exposés à de l'air peu agité. Tout effort physique augmentant le taux métabolique, modifiera les conditions limites et transposera la courbe vers la gauche dans la figure 3. Le soleil produira le même effet. Ainsi, dans le cas d'un individu habillé, en position étendue, exposé à un brillant soleil, il y aura une région située à gauche de la courbe BB indiquant les conditions dans lesquelles une exposition continue à un soleil brillant causera une congestion.

Dans la figure 3, la courbe CC montre les conditions limites s'appliquant au cas d'un homme légèrement vêtu, étendu, et exposé à un brillant soleil, tandis que les courbes DD et EE indiquent les nouvelles conditions s'appliquant au même individu lorsqu'il marche à vitesse de 6,4 km à l'heure d'abord à l'ombre, puis au soleil.

Le trait saillant qui ressort de toutes les courbes de la figure 3 est que plus l'air est sec plus la température supportable d'une façon continue est élevée.

Les faits cités plus haut n'écartent pas la possibilité de séjourner pendant de courtes périodes dans une atmosphère à une température supérieure à celle qui est tolérable d'une façon permanente, telles que celles indiquées par les courbes AA et BB de la figure 3. En 1775, Blagden a décrit dans les *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* un séjour de huit minutes dans une chambre dont la température variait entre 115 et 126° C. Pendant les sept premières minutes, Blagden ne ressentit aucun malaise, mais à la fin de la minute suivante, il éprouva une anxieté et une gêne respiratoire croissantes qui le poussèrent à quitter la pièce.

EFFET DE LA VENTILATION SUR LES CONDITIONS LIMITES DE CONGESTION

Les pertes de chaleur par évaporation et par convection croissent toutes deux lorsque les mouvements de l'air augmentent. La figure 4 donne les courbes des conditions limites pour un individu étendu et nu, pour six différentes vitesses du vent. A une augmentation de la ventilation correspond un accroissement de la température tolérable pour une humidité donnée et un accroissement du degré d'humidité tolérable à une température donnée. Certaines conditions intolérables peuvent être rendues tolérables par une diminution de la température, par un abaissement de l'humidité ou par une augmentation de la ventilation.

Les mouvements d'air les plus violents donneront lieu à une évaporation très rapide de la transpiration et les conditions limites de la figure 4 reposent sur la supposition que le corps est mouillé de sueur au maximum à ce moment. On donne, sur cette figure, quelques chiffres de la vitesse d'évaporation de la sueur dans les conditions indiquées par la courbe, et ils sont

exprimés en poids d'eau évaporée en une heure pour un individu de taille moyenne. La perte totale par heure est considérable et il y a le danger que les glandes sudoripares soient épuisées dans de telles conditions. Si cette éventualité se produisait, la transpiration cessant, le corps serait alors chauffé par rayonnement et par convection et sa température augmenterait régulièrement, menant à la mort par congestion. On peut probablement expliquer ainsi les morts dues au simoun, le « vent empoisonné » du sud de l'Arabie. Si les glandes sudoripares, n'étant pas complètement épuisées, sécrètent à une vitesse réduite, il y aura une vitesse du vent pour laquelle la sueur sera évaporée aussi vite qu'elle sera produite. Si la vitesse du vent croît au-delà de cette limite, les pertes par évaporation seront inchangées et, en même temps, le gain de chaleur par convection aux dépens de l'air augmentera; le résultat sera probablement la mort par congestion.

La courbe **BB** de la figure 3 se rapporte à un sujet habillé, soumis à une ventilation de 0,085 m par sec et elle est basée sur une valeur de conductivité de l'habillement déduite d'expériences effectuées avec cette vitesse du vent. Toutefois la conductivité des vêtements dépendra de la vitesse de l'air, d'une manière non-déterminée, puisque la pénétration de l'air dans les vêtements — en particulier au cou, aux manches et aux jambes — dépend de ce facteur. Il est cependant possible de prendre les courbes se rapportant aux sujets nus à titre d'indication pour

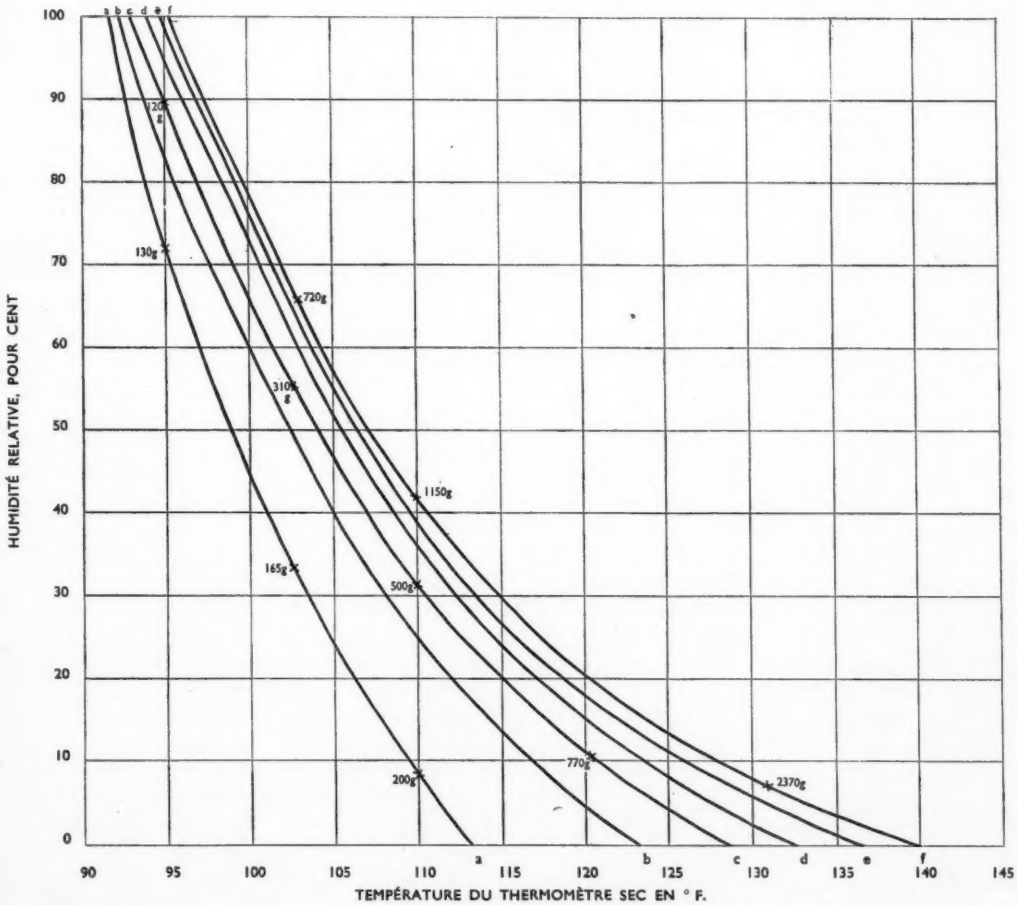


FIGURE 4 – *Effet de la ventilation sur les conditions de congestion pour des sujets nus. Les courbes indiquent les conditions limites supportables,* **aa** *pour de l'air à la vitesse de* 0,085 *m/sec;* **bb** *pour* 0,25 *m/sec;* **cc** *pour* 0,5 *m/sec;* **dd** *pour* 1 *m/sec;* **ee** *pour* 2 *m/sec;* **ff** *pour* 5 *m sec. Les chiffres tels que* **200g** *marqués sur la figure, indiquent le taux de perte d'eau par heure par l'évaporation de tout le corps, la surface de peau étant prise comme étant* 1,8 m^2.

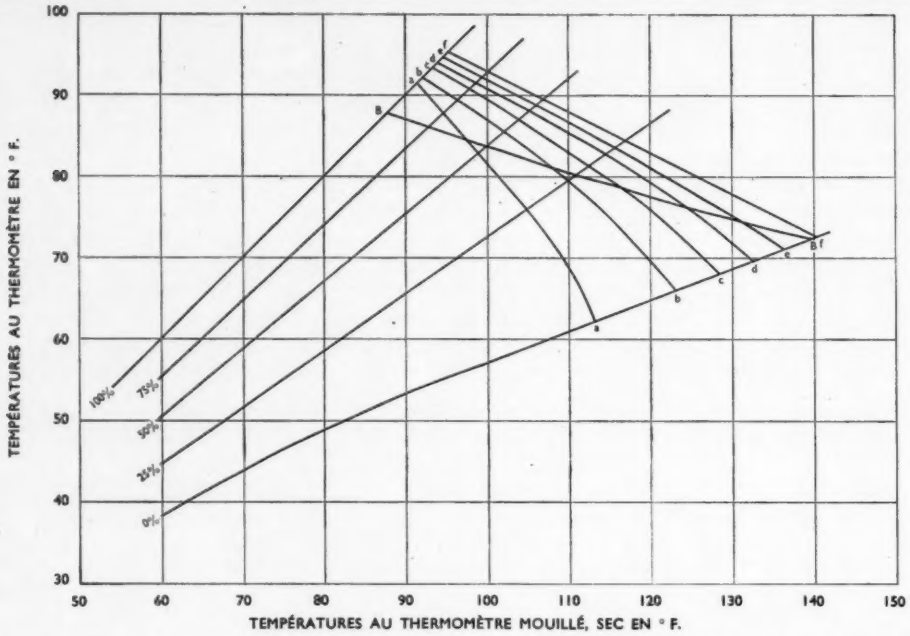


FIGURE 5 – *Conditions limites supportables indiquées sur la figure 4 et converties pour emploi avec les températures indiquées par les thermomètres sec ou mouillé. La courbe* BB *est la courbe* BB *de la figure 3 convertie, et représente les conditions limites pour un sujet légèrement vêtu, au repos. Les diagonales indiquent les conditions pour lesquelles l'humidité relative est égale à* 0, 25, 50, 75 *et* 100 *pour cent.*

les effets de la ventilation sur des sujets habillés, en ce qui concerne l'ordre de grandeur.

Dans la figure 5, nous retrouvons les mêmes données que dans la figure 4, avec, comme variables, la température de l'air et la température d'un thermomètre à réservoir humide, et destinées à être employées conjointement avec des observations d'un psychromètre tournant. On a ajouté pour référence la courbe correspondante pour un individu habillé, au repos, exposé à une ventilation de 5 m par minute. On verra que, plus la température de l'air est haute, plus la température tolérable du thermomètre à réservoir humide est basse. S'il est nécessaire de déterminer si un climat donné peut être toléré de façon permanente, il faut prendre en considération la température atmosphérique, l'humidité et la vitesse du vent. Les conditions les plus mauvaises sont celles qui vont avec des vents légers, et il est suffisant dans bien des cas, de ne considérer que la température et l'humidité atmosphériques. Il est dangereux d'assumer que l'on puisse déterminer d'une façon précise les limites de température moyenne au-dessus de laquelle l'homme ne peut vivre et prospérer. Une température moyenne relativement élevée peut devenir tolérable et saine si elle est accompagnée d'un degré d'humidité plutôt au-dessous de la moitié de la quantité limite, ou d'une vitesse moyenne du vent assez élevée au moment le plus chaud de la journée.

CONFORT, SANTÉ ET RENDEMENT

Les conditions limites indiquées par les diagrammes des figure 3, 4 et 5 sont celles pour lesquelles la température du corps pourrait être constante, le corps étant alors mouillé au maximum par la sueur. De telles conditions sont loin d'être confortables. Les sujets nus des expériences de Winslow, Herrington, et Gagge, trouvèrent le maximum de bien-être dans une atmosphère à environ 29° C, la température de la peau étant d'environ 33° C; pour des sujets habillés, les températures correspondants étaient d'environ 27° C pour l'air et 33° C pour la peau.

Ces résultats ne peuvent être appliqués à la définition des conditions de plus grand confort pour des hommes menant une vie normalement active. Le confort est un facteur qu'il est difficile de définir avec précision. Le plus petit effort physique — et même la station debout au lieu de la position couchée — aura pour résultat une augmentation du taux métabolique, d'où modification

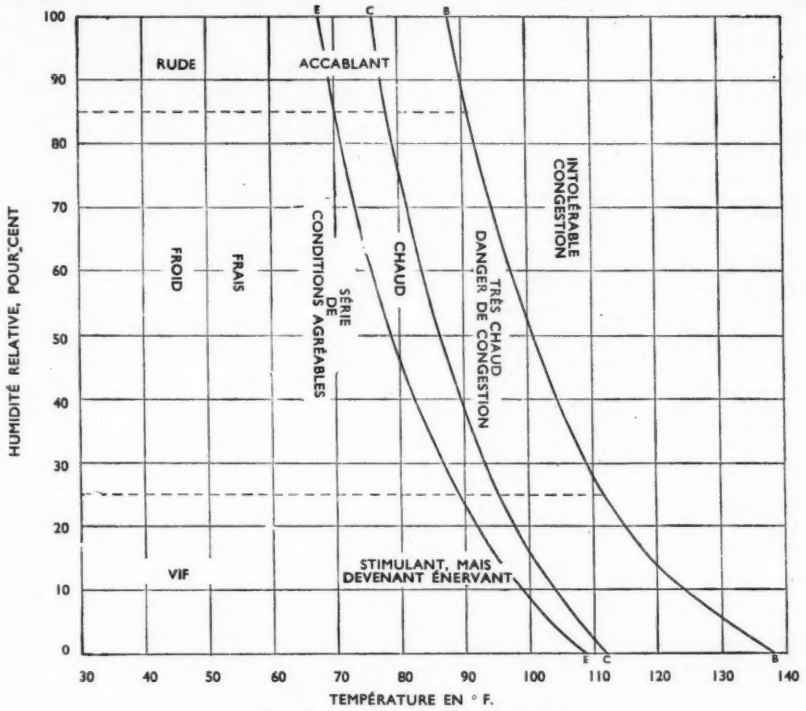


FIGURE 6 – *Essai de classification des climats.*

de l'équilibre thermique du corps. Nous sommes obligés de faire appel à des observations purement qualitatives sur le confort et le malaise dans diverses conditions. La figure 6 est un sommaire des donnés qui paraissant sûres et l'on peut considérer ce diagramme comme une classification des climats. On a supposé, pour l'établir, que les mouvements de l'air étaient faibles, 5 m par minute, car il faut que les conditions indiquées soient supportables lorsque le vent tombe au calme presque absolu.

Dans la figure 6, la ligne **BB** est reproduite de la figure 3. Elle représente les conditions limites supportables pour un individu au repos, habillé, et dans une atmosphère dont l'agitation est de 5 m par minute. A droite de cette ligne sont des conditions de température et d'humidité telle que le corps qui y est continuellement exposé subit une augmentation de température, suivie de congestion. La région à droite de la ligne **BB** est, par conséquent, marquée « congestion ». A gauche de cette ligne se trouve une région dans laquelle les conditions seront « très chaudes » même pour une personne au repos, et un effort physique relativement léger causera une hausse de la température du corps et de la vitesse du pouls.

La ligne **CC** de la figure 3 donne la limite inférieure de la région « très chaude », en supposant que le terme « très chaud » s'applique aux conditions dans lesquelles il est impossible de marcher à la vitesse de 3,2 km à l'heure ou de se reposer au soleil sans que la température du corps monte.

La région à droite de **CC** marquée « chaude », est limitée du côté des basses températures par la ligne **EE**, qui représente approximativement les conditions limites dans lesquelles un homme peut marcher au soleil à la vitesse de 6,4 km à l'heure, sans augmentation de la température interne. Cette limite est une limite d'essai: il se peut qu'elle soit située trop haut comme température dans les cas d'humidité très faible.

On n'a pas fixé avec certitude, les températures les plus basses qui soient supportables ou confortables. On admet généralement qu'il fait « froid » au-dessous de 10° C et « frais » au-dessous de 15,5° C, sauf pour un homme qui produirait un effort physique considérable. Il est possible de subdiviser encore la région froide au-dessous de 10° C. Avec de l'air humide, dont l'humidité relative serait d'environ 85 pour cent, nous arrivons aux conditions de « froid rude », le

malaise observé étant dû à la condensation de la vapeur d'eau dans les vêtements, qui leur donne une conductivité plus grande, d'où résulte une augmentation de la perte de chaleur par convection. A l'autre extrémité de l'échelle d' humidité, de l'air sec dont l'humidité relative serait de 25 pour cent, ou moins, donne cette sensation de froid piquant, appelé « vif» sur la courbe.

A toutes températures, de l'air saturé ou presque, est désagréable. Même à une température d'environ 21° C cet air est accablant et cette sensation devient encore beaucoup plus vive aux températures élevées. De même, tandis que l'on trouve une courte exposition à une atmosphère très sèche assez stimulante, une exposition prolongée devient irritante et conduit à des maux de tête, de la dépression, du manque d'énergie et à une tendance marquée à l'irritabilité. Ceci est particulièrement sensible dans les régions où souffle le foehn, mais on l'observe aussi dans d'autres parties du monde, en particulier chez les habitants des régions désertiques.

Entre les limites proposées pour les climats agréables et fixées dans la figure 6 entre la ligne correspondant à 15° C et EE, il subsiste une grande diversité de températures et d'humidités relatives et avec une humidité relative moyenne, il y a une série de températures comprises entre 15° C et 24 ou même 26° C, correspondant à un degré raisonnable de bien-être pour l'homme.

Des expériences effectuées dans différents pays sur la climatisation de l'air ont montré que l'on pouvait considérer que, pour une humidité relative de 40 à 70 pour cent, des individus effectuant un travail léger à l'intérieur d'une pièce se trouvent dans les meilleures conditions de confort pour des températures atmosphériques comprises entre 15 et 24° C. En fait, l'optimum conseillé varie avec les différents pays, selon les vêtements portés, le degré d'activité physique, les conditions extérieures moyennes et le genre de chauffage et de ventilation en usage. On admet qu'il faut éviter une humidité relative trop haute ou trop basse — trop haute, parce qu'elle produit une sensation d'accablement et trop basse parcequ'elle peut causer de l'agitation et de l'irritabilité. La différence d'opinion en ce qui concerne les conditions optimum dans les divers pays peut être mise en évidence par la comparaison des indications données au sujet de la climatisation de l'air des locaux aux Etats-Unis et en Angleterre. Pour une humidité relative moyenne, l'optimum estival en Angleterre est 19° C et 24,5° C aux Etats-Unis; l'optimum hivernal est 16,6 à 19° C en Angleterre et 22° C aux Etats-Unis.

Il est nécessaire dans les conditions climatériques que présentent la plupart des pays situés dans les latitudes moyennes des deux hémisphères, de faire de la climatisation dans une certaine mesure pour obtenir à l'intérieur des immeubles des conditions permettant confort et efficacité.

RECHERCHE DU CLIMAT IDÉAL

Il est nécessaire, si l'on veut essayer de trouver le climat idéal, de ne pas perdre de vue les variations de température d'un lieu donné au cours des vingt-quatre heures de la journée. Cette variation peut dépasser 22° C en certains endroits. Les températures les plus basses sont au lever du soleil et presque toute la période de basses températures prend place au moment où la majeure partie de la population est au lit: sous les couvertures, la température est généralement du 29 à 30° C. On peut, par conséquent, négliger quelques effets de la variation diurne de la température puisque l'exposition à ces basses températures ne s'applique au citoyen ordinaire que pendant une durée très réduite.

Si nous acceptons les limites indiquées par la figure 6 pour un climat agréable comme étant suffisamment vraisemblables, il nous est permis de conclure qu'avec des humidités relatives moyennes, la température à laquelle un individu ne faisant pas de grands efforts physiques devrait être exposé est aux environs de 15,5 à 24° C. On peut donc définir le climat idéal comme étant celui dans lequel la température dépasse rarement 24° C et tombe rarement assez bas pour qu'il soit difficile de maintenir la température à l'intérieur des maisons entre 15 et 24° C.

On estime qu'au plein soleil et avec une température atmosphérique de 19,5° C, un homme légèrement vêtu pourrait marcher à une vitesse de près de 6,4 km à l'heure sans transpirer et pourrait ou bien rester assis au soleil ou debout à l'ombre, accomplissant un léger travail, sans qu'il y ait refroidissement du corps. Ceci semble fixer les conditions idéales pour une vie active au grand air, pour un individu légèrement vêtu. Une température un peu plus haute serait nécessaire pour un individu peu ou pas vêtu, si bien que la température idéale dépasserait probablement 21° C.

Il est intéressant ici de regarder la carte du monde des températures moyennes annuelles. L'isotherme de température moyenne annuelle de 21° C passe par Memphis, la Palestine et les centres des premières civilisations des Assyriens,

des Sumériens, des Perses, et pas très loin au nord de l'emplacement de la première civilisation hindoue, a Mohenjodaro, dans la vallée de l'Indus. Les premières civilisations africaines et asiatiques naquirent donc dans des régions où la température moyenne annuelle était très voisine de 21° C. L'été était probablement plus chaud que cela et les après-midis d'été sans doute si chauds que la sieste y était une nécessité biologique plutôt qu'un luxe. L'hiver aurait été trop froid pour être confortable sans quelque mode de protection. Le chauffage des locaux n'était habituel dans aucune de ces civilisations et ce n'est que lorsque se généralisa l'habitude de régler la température intérieure, aux jours de la Grèce et, mieux encore, de l'Empire Romain, qu'une civilisation raffinée put se développer dans une région à température moyenne annuelle sensiblement inférieure à 21° C. Après la chute de l'Empire Romain, l'habitude de régler la température à l'intérieur des locaux se perdit et la civilisation suivante, la civilisation mahométane, se plaça de nouveau dans la région de l'isotherme de 21° C. Ce ne fut qu'après la re-découverte de l'art de faire des briques, l'invention des foyers et des cheminées tels que nous les connaissons, et l'emploi du verre pour les fenêtres, tout ceci au treizième siècle, que l'hiver devint à peu près confortable dans la plupart des pays d'Europe. En Angleterre, vers le milieu du seizième siècle les classes supérieures et la classe moyenne avaient des maisons d'où les courants d'air étaient exclus, avec des fenêtres vitrées au lieu de fentes dans les murs et munies de foyers pour brûler du charbon; l'emploi du charbon se généralisa et gagna les villages peu après cette époque. Ce n'est peut-être pas sans raison que les splendeurs de la période Tudor en Angleterre, datent de ce moment. Les abondantes ressources charbonnières de l'Angleterre lui donnèrent un gros avantage vis-à-vis de beaucoup de ses concurrents dans la course à la supériorité qu'elle gagna finalement.

D'après le livre de F. S. Markham *Climate and the Energy of Nations* (Le climat et la vigueur des nations) lorsqu'un blanc émigre dans un pays où le mois le plus chaud de l'année a une température supérieure à 24° C, on constate que, si lui-même et ses enfants peuvent supporter les nouvelles conditions climatériques, ses petits-enfants feront preuve d'une diminution très nette de vigueur et d'efficacité tant physique que mentale. Il n'est pas certain que cette règle s'applique aussi simplement à tous les pays. Il faut tenir compte de l'action de facteurs tels que l'humidité atmosphérique et la vitesse du vent sur la possibilité de tolérance de certaines conditions de chaleur. Major Markham a classé une quantité considérable de documents relatifs à la santé et aux conditions économiques qui semblent confirmer ses vues sur l'ensemble des conditions climatériques tolérables d'une façon constante par les blancs et qui feraient admettre que le problème du « pauvre blanc » est en partie un problème de climat. Il y a toutefois un grand nombre de questions relatives à l'établissement des blancs dont l'étude reste à faire et comme le problème de leur fixation dans les pays chauds promet de devenir important à l'issue de cette guerre, il serait désirable qu'il y eut une enquête mondiale sur ces problèmes qui comportent un important facteur climatérique.

Le climat idéal semble être celui pour lequel la température moyenne du mois le plus chaud de l'année ne dépasse pas 21 ou 24° C au maximum, tandis que la température moyenne du mois le plus froid ne tombe pas au-dessous de 4,4° C, ou, au plus bas, au-dessous de 0° C. La Nouvelle-Zélande présente un climat qui, à bien des points de vue, se rapproche de cet idéal, puisque, sur presque tout le territoire, la température moyenne du mois le plus chaud se place entre 16,5 et 21° C, tandis que celle du mois le plus froid est entre 7 et 11° C. La nature saine du climat est mise en évidence par le fait que, au cours des dix années 1926–35, le taux de la mortalité et celui de la mortalité infantile furent respectivement égaux à 8,4 et 40, qui sont tous deux les chiffres les plus bas du monde entier. Les taux correspondants pour la Grande-Bretagne étaient respectivement 12,2 et 67.

Les différentes sortes de fibres manufacturées

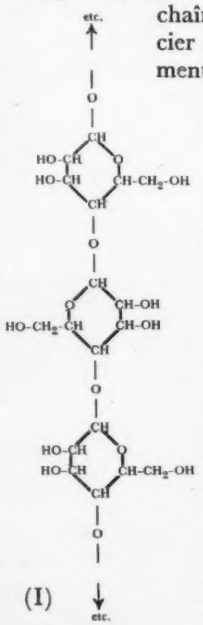
W. T. ASTBURY

Depuis des milliers d'années, l'homme emploie pour se vêtir des fibres naturelles provenant de plantes telles que le lin et le coton ou fournies par le mouton et le ver à soie. Les progrès de la chimie ont multiplié les possibilités. Les chimistes ont commencé par améliorer les fibres naturelles; actuellement, ils en fabriquent qui sont purement synthétiques. Le docteur Astbury, avec ses collaborateurs, a réalisé d'immenses progrès dans ce domaine et il nous expose ici une passionnante histoire.

Les fibres biologiques sont, par leur nature même, constituées par des brins moléculaires filés à partir de molécules à longues chaînes. Il peut nous paraître évident qu'il en soit ainsi, mais en fait cette généralisation n'est apparue clairement qu'au cours de ces vingt dernières années.

Il y a bien dû y avoir depuis longtemps un désir d'imiter les araignées et les vers à soie par quelque procédé consistant à exsuder et à coaguler des solutions visqueuses — témoin par exemple la suggestion bizarre faite par Hooke dans sa *Micrographia* (1664) d'une « jolie Sorte de Matière artificielle » qui pourrait être étirée en fibres — mais, jusqu'ici, les choses en étaient restées là. On parvint au succès, d'une manière toute empirique, vers la fin de la deuxième moitié du dix-neuvième siècle lorsque l'on découvrit comment il était possible de dissoudre et de resolidifier la cellulose, et certains de ses dérivés. Bien que l'on ait déjà trouvé à l'époque que les molécules de cellulose devaient être très grandes, et que la viscosité et la « filabilité » (ou possibilité de filer) de ses solutions devaient être liées à cette caractéristique, il n'en reste pas moins que l'on portait de la « soie artificielle » avant que les auteurs de ce bienfait n'aient vraiment compris ce qu'ils faisaient.

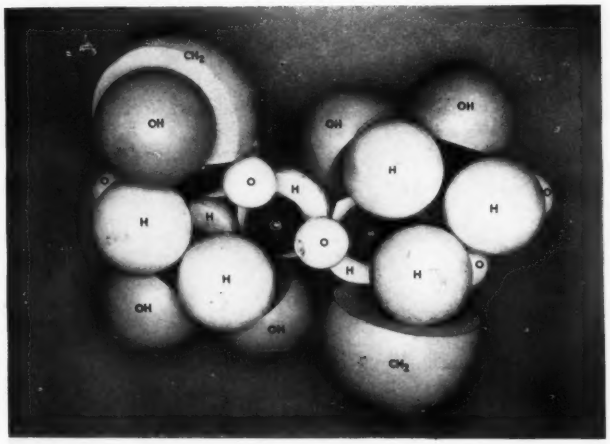
Dans le monde biologique, les structures fibreuses lorsque l'on arrive à la molécule même, sont la nature même de toute chose; et l'on retrouve partout et toujours les mêmes types de chaînes, façonnées ou arrangées de mille façons. Ainsi, puisque ces chaînes, mises à la longue épreuve de l'évolution, ont été jugées dignes de porter une si lourde responsabilité, il est évident que la première chose à faire pour essayer de fabriquer nos propres fibres sera de nous servir de ces mêmes molécules. On pourra soit les recueillir aux sources naturelles, soit les reproduire par synthèse. Ce dernier procédé paraît le plus satisfaisant, mais pour l'instant notre chimie n'est pas à la hauteur de cette tâche, et nous ne pouvons faire mieux que de refaçonner ou remettre au moule une matière première déjà existante. Ceci représente la base de l'industrie des « fibres régénérées » — science qui consiste à isoler, vérifier et, si nécessaire, à modifier les molécules en chaînes naturelles, puis à les associer de manière à ce qu'elles forment l'édifice projeté[1].



(I)

Les deux classes de fibres régénérées ont pour point de départ, l'une les polysaccharides, l'autre les protéines. Le polysaccharide le plus important est la cellulose, principale substance de base du règne végétal et composé organique le plus abondant de la Nature. La molécule de cellulose (I) est formée par une chaîne de centaines ou milliers de « résidus » de glucose β. Arrêtons-nous ici un instant pour expliquer bien clairement la signification du mot « résidu »; en effet on dit quelquefois en termes très généraux que la molécule de cellulose est

[1] Il est bien regrettable qu'il n'existe jusqu'à présent aucune nomenclature officielle pour désigner les différentes fibres que l'homme sait fabriquer. On a proposé respectivement les termes de «rayonnes», «prolonnes» et «synthonnes» pour les fibres d'origine cellulosique, protéinique et synthétique, mais ceux-ci ne sauraient être acceptés d'une manière tout à fait générale. Se servir du mot «rayonne» pour désigner toutes les fibres non naturelles est encore bien moins acceptable, tandis que le mot «artificiel» est considéré comme péjoratif dans le monde des textiles.



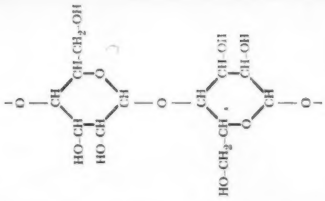


FIGURE 1 – *Modèle à l'échelle de deux chaînons consécutifs de la chaîne cellulosique.*

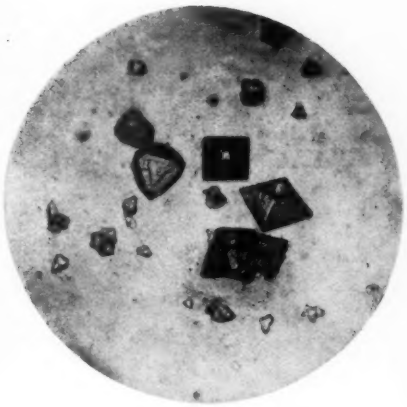
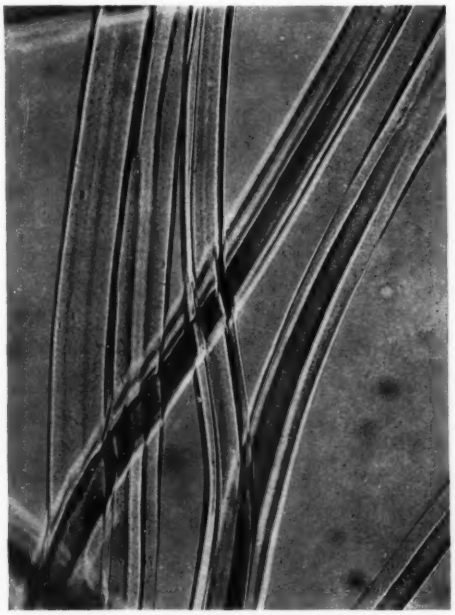
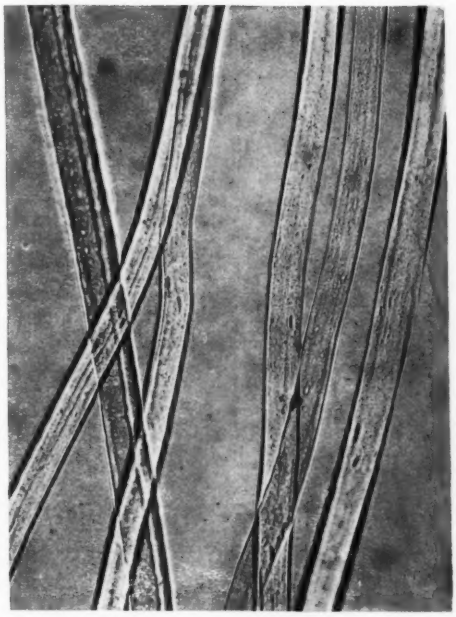


FIGURE 2 – *Cristaux microscopiques d'édestine, la globuline des graines de chanvre.*

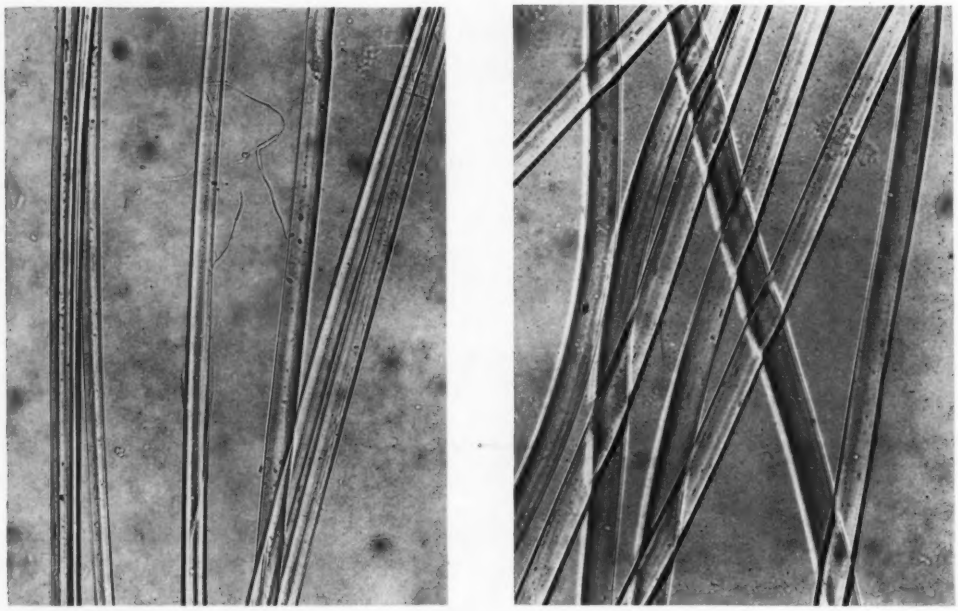


a)



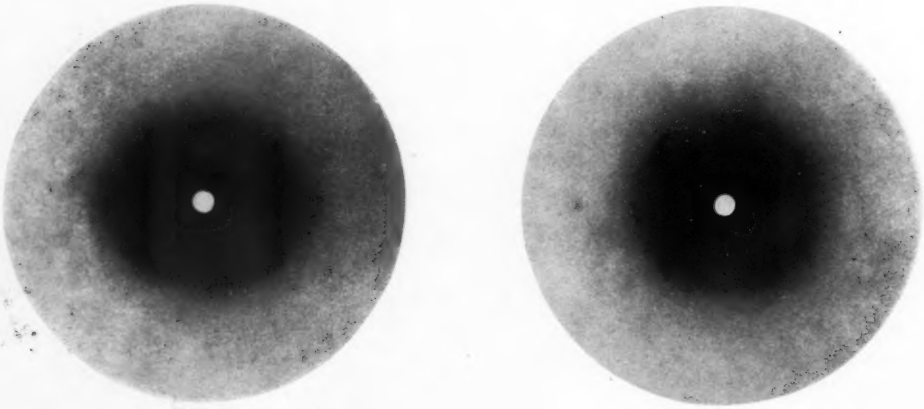
b)

FIGURE 3 – *Fibres de protéines régénérées: a) de l'arachide; b) de la caséine du lait.* (× 250.)
(Microphotographies de J. Manby, Université de Leeds.)



a) *b*)

FIGURE 4 – *Fibres synthétiques: a) vinyon, b) nylon.* (× 250.)
(*Microphotographies de J. Manby, Université de Leeds*)

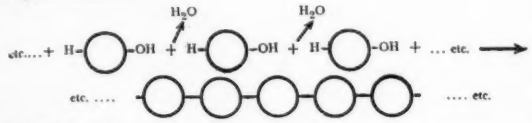


a) *b*)

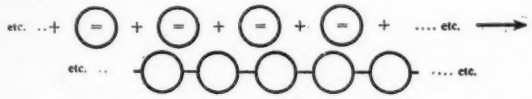
FIGURE 5 – *Photographies aux rayons X de vinyons: a) étiré; b) contracté dans la vapeur à environ un cinquième de sa longueur étirée.* (*Axe de la fibre verticale; rayon CuKα; distance environ* 3 *cm.*)

constituée par une chaîne de glucoses-β, ou que les protéines sont constituées par des chaînes d'α-amino acides. L'édification des chaînes moléculaires peut s'effectuer par deux méthodes: la condensation répétée ou la polymérisation. Le premier procédé implique l'élimination, à chaque liaison, des éléments de l'eau (c'est souvent le cas), et le second l'ouverture d'une double liaison suivie d'addition directe. On peut représenter ces deux mécanismes, d'une manière assez générale et suffisante pour cet exposé, par les schémas symboliques suivants:

Polycondensation



Polymérisation



Dans chacun de ces cas les groupes unis sont appelés des résidus, et on applique la dénomination polymère élevé à la chaîne qu'ils constituent, qu'elle ait été formée par polymérisation ou autrement. La cellulose $(C_6H_{10}O_5)_n$ est formée de glucose-β, $C_6H_{12}O_6$, par le procédé de condensation. La formule (I) est un moyen commode et rapide pour représenter l'arrangement atomique, mais ce n'est rien de plus, parce que les chaînes de résidus d'autres sucres pourraient s'écrire de la même manière. Il est nécessaire de faire des dessins en perspectives, ou des modèles, pour représenter les relations spatiales des groupes oxhydriles et la configuration d'ensemble de la molécule, — et il faut insister sur le fait que ces modèles sont indispensables à l'étude scientifique des structures de fibres. La figure 1 donne une idée de la configuration du groupe qui se retrouve partout où il est question de cellulose. Les chaînes elles-mêmes sont très longues et quelque peu rigides, et, dans les parties les plus cristallines de la fibre, elles sont complètement développées au point de vue stéréochimique et fermement maintenues ensemble par des liaisons hydrogène entre les groupes oxyhydriles[1].

[1] Nous pouvons peut-être nous dispenser de reproduire ici les clichés pris aux rayons X avec des échantillons de celluloses (ou de ses dérivés); ces photographies sont bien connues. Le lecteur trouvera notamment un choix de photographies de fibres, obtenues par diffraction de rayons X, dans un article du même auteur paru dans le numéro d'ENDEAVOUR d'avril 1942.

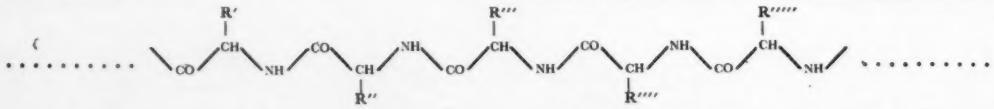
Il ne peut être question de faire fondre la cellulose, pour l'étirer à nouveau à partir de l'état fondu comme cela peut se faire avec bien des produits synthétiques fortement polymérisés: les structures naturelles, comme celle du bois, doivent être simplifiées, débarrassées des constituants non-cellulosiques, puis dissoutes dans des solvants spéciaux, tels que la liqueur de Schweitzer (solution cupro-ammoniacale). Dans la fabrication de la viscose, type le plus commun de rayonne, on dissout la cellulose à l'aide de soude caustique et de sulfure de carbone, et on la régénère en faisant passer la solution à travers les fines ouvertures d'une « microfileuse » dans un bain acide. La molécule de cellulose régénérée se présente essentiellement comme celle de l'état natif, sauf qu'elle peut avoir été scindée par hydrolyse à certaines des liaisons entre résidus glucosiques. Pourtant les rayons X permettent de voir que le mode d'aggrégation latéral est différent; le produit obtenu est ce qu'on appelle l'hydrate de cellulose ou cellulose mercerisée, la cellulose se trouvant, au point de vue cristallographique, dans le même état que de la cellulose naturelle traitée par le procédé bien connu de mercerisation qui n'implique pas une dissolution à proprement parler, mais simplement un gonflement par l'action de l'alcali et de l'eau.

Les propriétés des filaments artificiels dépendent de la constitution chimique des molécules de la chaîne, et de la longueur, de l'orientation et de la régularité des « micelles ». La solidité, par exemple, est fonction du degré de cristallinité et du parallélisme des axes de la fibre. La cellulose à elle seule, est un sujet extrêmement vaste — les filaments de cellulose et de ses dérivés sont toujours prédominants parmi les plus répandues des fibres fabriquées — mais on peut sommairement diviser le sujet en trois parties. La première comprend la cellulose régénérée « directement » (soit les produits comme la viscose, la rayonne cupro-ammoniacale, etc.), tandis que la seconde comprend les modifications chimiques de la cellulose, ses dérivés comme ses éthers et ses esters: l'exemple le plus frappant de cette série est la rayonne à l'acétate. Les substitutions dans les groupes oxhydriles des résidus glucosiques peuvent bien entendu faire apparaître un grand domaine d'affinités moléculaires, et ceci d'une part entre les molécules de la chaîne elles-mêmes, d'où il résulte une grande variété de propriétés mécaniques, et d'autre part, entre les chaînes et les réactifs accessoires, comme, par exemple, les teintures. Encore faudrait-il ajouter que les usages

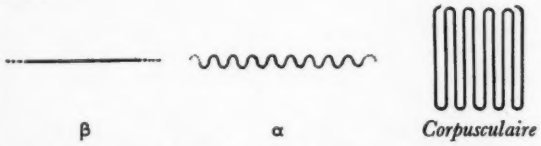
de la cellulose régénérée et de ses dérivés ne se limitent pas à la production de fibres: une industrie considérable est consacrée à la fabrication de films, de feuilles, et de formes diverses.

La troisième partie de notre sujet se rapporte essentiellement aux procédés par lesquels on confère au produit des propriétés qui seraient plutôt celles des fibres protéiniques. La « tébilisation », par exemple, rend les tissus cellulosiques inchiffonnables par l'incorporation intime dans la substance des fibres, de chaînes latérales d'une résine formaldéhyde-urée, tandis que les rayonnes dites « animalisées » sont douées de certaines propriétés tinctoriales des protéines grâce à la présence d'autres polymères de synthèse. Ceci nous amène maintenant au chapitre des fibres protéiniques régénérées, domaine dans lequel la technique progresse surtout en cherchant à imiter toujours plus fidèlement la fibre protéinique naturelle: la laine. Les idées scientifiques qui sont à la base s'inspirent surtout de l'interprétation par rayons X de la structure des protéines, et particulièrement de la découverte, grâce aux rayons X, de la relation générale entre protéines fibreuses et protéines cristallines, ou « corpusculaires ».

Les protéines sont des systèmes organisés de chaînes polypeptidiques, seules ou combinées avec des groupes prosthétiques. Une chaîne polypeptique peut s'écrire:

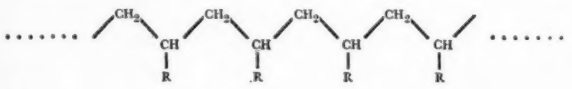


où R′, R″, etc., représentent environ deux douzaines de différentes sortes de chaînes latérales qui peuvent théoriquement être distribuées selon un très grand nombre de manières différentes. C'est-à-dire que si la cellulose est un produit de condensation multiple du seul glucose-β et (sauf pour les groupes terminaux) qu'elle consiste par conséquent en résidus d'une seule et même sorte, les protéines sont des produits de condensation multiple d'α-amino-acides dont les fonctions chimiques diffèrent énormément et dont les résidus n'ont en commun que la formule (–CO–CHR–NH–). Il en résulte que la chaîne polypeptidique conventionnelle, telle que l'on vient de la décrire, ne fait qu'indiquer les possibilités stéréochimiques. Même dans les *fibres* de protéines, la configuration développée complètement, semblable à celle donnée plus haut, est relativement rare. Elle existe cependant, comme, par exemple, dans le cas de la soie naturelle (fibroïne), mais, dans le cas des poils de mammifères, les chaînes à l'état normal sont régulièrement repliées (kératine α), si les fibres sont sous tension, les chaînes se déplient en lignes droites (kératine β), et elles se replient dès que la tension est relâchée. Cette transformation intramoléculaire est la cause même de la grande élasticité d'une nombreuse famille de protéines fibreuses comprenant, ainsi qu'on peut le voir aux rayons X, non seulement les fibres de kératines, comme la laine et autres, mais encore celles de l'épiderme, la protéine élastique du muscle (myosine) et la protéine de la coagulation du sang, le fibrinogène. Toutes celles-ci ont des molécules dont les formes sont plus ou moins semblables et intermédiaires entre le type complètement étendu — celui de la soie — et les types à profonds replis des protéines corpusculaires, comme l'albumine de l'œuf, l'hémoglobine, l'édestine, etc. La transition d'un extrême à l'autre, peut être représentée par le schéma suivant:

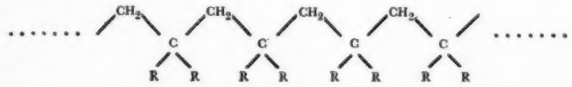


Si les plissements intramoléculaires caractéristiques d'une protéine donnée sont dérangés d'une manière irréversible, on dit que la protéine est « dénaturée »; et la science selon laquelle on fabrique des fibres de protéines régénérées consiste à déplier certaines molécules corpusculaires bien choisies par l'action d'agents dénaturants, puis à etirer les chaînes polypeptidiques ainsi libérées selon des configurations à plissements moins serrés, donc plus allongées. Il restera encore assez de plissements pour que le produit jouisse d'un grand rayon d'élasticité, à peu près comparable à celui de la laine. L'agent dénaturant peut être un alcali ou une solution concentrée d'urée, la solution visqueuse ainsi obtenue peut ensuite être filée dans des bains coagulants et durcissants. La protéine du lait — la caséine — a été l'une des premières protéines à être ainsi convertie en fibres et ceci suivant une méthode toute empirique; toutefois, depuis que l'on a élucidé la question aux rayons X, on sait que l'on

pourrait aussi bien choisir toutes sortes d'autres protéines corpusculaires, en particulier les globules germinatoires des arachides, du soya, ou de plantes du même genre. Les figures 2, 3*a*) et 3*b*) nous présentent la nature fondamentale, on pourrait dire dramatique, de la transformation d'une protéine cristalline en une fibre souple et élastique — incidemment voici les éléments d'une démonstration frappante du lien qui existe entre les sciences physiques, chimiques et biologiques d'une part, et la science et l'industrie d'autre part. L'industrie des fibres protéiniques régénérées est encore à ses débuts, et il en est de même de celle des fibres synthétiques, vers laquelle nous allons nous tourner maintenant pour compléter cet aperçu schématique d'une prestigieuse accumulation de connaissances scientifiques pures et appliquées. Les fibres synthétiques sont des résines ou des plastiques souvent filés à partir de l'état fondu, et leur production intéresse à la fois la chimie moderne et la science de l'ingénieur chimiste[1]. On a indiqué plus haut les deux méthodes générales selon lesquelles on peut obtenir des produits de polymérisation élevée en chaînes droits, nous ajouterons que l'on utilise ces deux méthodes, et avec un succès tel qu'il est maintenant possible d'obtenir par synthèse des chaînes longues de plusieurs milliers de résidus, dans des conditions physico-chimiques appropriées et avec l'aide de catalyseurs. Les groupes les plus en faveur sont les dérivés vinyliques vinylidéniques, que l'on polymérise en chaînes du type:



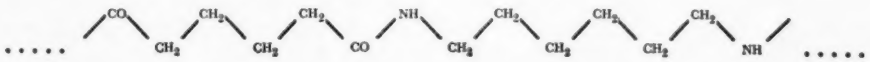
or



Toutes les chaînes de ce genre ne sont cependant pas propres à former des fibres, au sens technologique du mot, puisque leurs propriétés physiques dépendent de leur longueur, de la nature des groupes R, et de la température. D'une manière générale, les bonnes fibres sont formées de chaînes longues, avec relativement peu d'asymétrie latérale, mais cet énoncé soit loin de donner une description complète. La température est un facteur de première importance — les hauts polymères en chaîne droite appartiennent à la classe dite des « thermoplastiques », ainsi un produit dur et cassant à basse température devient généralement plastique et élastique comme le caoutchouc à des températures plus élevées. Le vinyon (figure 4*a*)) semble avoir été la première fibre synthétique dans le commerce, c'est un co-polymère du chlorure de vinyle, $CH_2 = CHCl$, et de l'acétate de vinyle $CH_3{\cdot}CHOOCH = CH_2$. La figure 5*a*) montre une photographie par diffraction de rayons X d'un échantillon de « vinyon » étiré au laboratoire, tandis que la figure 5*b*) est une photographie du même échantillon exposé à la vapeur. Elle a été insérée pour bien montrer les propriétés thermo-élastiques, si caractéristiques de tant de hauts polymères linéaires. Au-dessus d'environ 70° C (pour le » vinyon »), les vibrations thermiques détruisent l'arrangement des molécules en chaînes qui, à la température ordinaire, restent « gelées », c'est-à-dire à peu près parallèles à l'axe des fibres (*voir* figure 5*a*)): les molécules s'enroulent et la fibre se contracte rapidement jusqu'a une longueur qui n'est plus qu'une fraction de sa longueur initiale. La figure 5*b*) montre la nature presque amorphe de la fibre à l'état contracté.

La fibre de synthèse la plus réussie à l'heure actuelle est le nylon. C'est un nom qui englobe une série de polyamides formées par condensations successives d'acides carboxyliques et de diamines, généralement du type $COOH{-}(CH_2)_x{-}COOH$ et $NH_2{-}(CH_2)_y{-}NH_2$. L'acide et la base communément employés sont respectivement l'acide adipique et l'hexamethylène-diamine, ce qui conduit à des chaînes de la formule donnée ci-dessous. Le nylon est doué d'une affinité extrêmement faible pour l'eau, et il peut être étiré en filaments épais pour faire, par exemple, des brosses à dents ou des sutures chirurgicales, ou en brins d'une très grande finesse, possédant la solidité et la résistance de la soie naturelle. Pour le moment, le nylon est presque entièrement monopolisé par l'industrie de guerre.

[1] Cf., par exemple, l'article sur le polythène par J. C. Swallow, dans le numéro 9, 1944, d'ENDEAVOUR.



Les mouvements de la langue et la parole

J. YULE BOGUE et DENNIS FRY

Une étude approfondie des mouvements de la langue est essentielle à la compréhension du mécanisme de la parole. Dans les conditions normales, cette étude présente des difficultés évidentes, mais il s'est présenté récemment une occasion exceptionnelle de cinématographier les mouvements de la langue au cours de l'émission de paroles. Un enregistrement sonore fut fait simultanément et quelques-unes des conclusions les plus importantes sont exposées dans cet article, illustré de photographies remarquables extraites du film.

Malgré la diversité des langues parlées et les différentes prononciations rencontrées, même pour une seule langue, le mécanisme de production de la parole est le même dans tous les cas. Les organes qui entrent en jeu sont les poumons, qui servent de réservoir d'air, le larynx, le voile du palais, la langue et les lèvres, qui tous modifient le passage de l'air vers l'extérieur de façon à produire la parole. Toutefois, c'est la langue qui joue le rôle le plus important dans la production des différences de sons qui caractérisent des prononciations spéciales. C'est pourquoi une étude de la langue en action est essentielle à la compréhension du mécanisme de la parole.

Jusqu'à tout récemment, nos connaissances relatives à ces mouvements avaient été acquises dans une large mesure par la recherche subjective, — c'est-à-dire par une corrélation subjective des mouvements musculaires et des impressions sonores qu'ils produisaient. Une des conséquences de cette méthode avait été une tendance à rattacher certains sons parlés à des séries de positions statiques de la langue, plutôt qu'à prendre en considération l'effet de son mouvement.

Grâce à la coopération d'un malade dont la langue avait été mise à jour à la suite d'une opération entraînant l'ablation de la joue droite, il nous fut possible d'enregistrer un film des sons et des mouvements de la langue.

Les mots et les phrases enregistrés furent choisis de telle sorte que le film comprenne la plus large série possible de sons. En fait, nous possédons un enregistrement de tous les sons rencontrés en anglais, à l'exception de quelques-uns que l'on ne rencontre que rarement et de quelques sonorités labiales volontairement laissées de côté parce que les mouvements des lèvres du sujet étaient anormaux. Le film est divisé en trois parties: la première comprend un groupe de mots isolés, montrant les mouvements qui accompagnent la production de diverses voyelles; la seconde, une série de mots contenant tous la même voyelle, précédée et suivie de différentes consonnes; la troisième, quelques phrases courtes mettant en lumière le rôle de la langue dans le discours courant.

Le sujet était un homme de 72 ans, né à Londres, où il avait vécu toute sa vie. Certains des sons qu'il emploie sont caractéristiques de l'accent de la région de Londres. Sa parole n'a pas encore été affectée d'une façon sensible par l'adaptation à ses conditions nouvelles.

Dans le travail que nous décrivons ici, tous les moyens possibles ont été employés pour augmenter la valeur des enregistrements. La principale source de renseignements est un enregistrement des mouvements de la langue sur film « technicolor » pris à la vitesse de 24 cadres par seconde. Simultanément, un enregistrement sonore de la parole du sujet avait été fait, de sorte qu'il est possible de comparer les images avec les sons correspondants. De plus, la piste sonore du film qui est du type à surface variable, fournit une indication grossière du genre d'onde du son produit. En plus de ces enregistrements à vitesse normale, des photographies rapides furent prises, à la vitesse de 1.000 cadres par seconde. Ces instantanés peuvent être projetés à la vitesse normale, de telle sorte que les mouvements de la langue soient ralentis environ 40 fois; ils sont cependant principalement faits pour l'étude séparée de cadre à cadre, en coordination avec les oscillogrammes cathodiques de sons parlés enregistrés simultanément.

La méthode traditionnelle de classification des voyelles d'après la « position » de la langue confère aux différentes parties de la langue entrant en jeu dans leur émission certaines qualités spécifiques. Le film montre d'une façon très frappante que la forme générale prise par la langue et le mouvement de tout l'organe par rapport à la cavité de la bouche, sont les facteurs

FIGURE 1 – *Contact antérieur pour* l *dans* lad.

FIGURE 2 – *Le bout de la langue roule en arrière pour* r *dans* rag.

FIGURES 3 et 4 – *Dans* s *et f la langue exécute un mouvement sillonnant, caractéristique, mais avance plus pour* s *que pour f.*

déterminants de la voyelle. C'est ainsi, par exemple, que dans la série de voyelles *hi:*, *him*, *hem*, *ham*, où la théorie traditionnelle ferait prévoir un abaissement progressif de l'avant de la langue, le film montre que la modification de la qualité de la voyelle est obtenue par « tassement » de la langue plutôt que par abaissement.

La démonstration la plus frappante du film est peut-être celle qui se rapporte à la liaison d'une succession de sons en une chaîne continue. Aussitôt que l'on voit la langue véritablement en action, il devient évident que tous les mouvements au cours d'un groupe de sons doivent être interdépendants. L'idée d'une série de « positions de la langue » donnant naissance à une série de sons devient tout à fait artificielle et la théorie de l'assimilation (c'est-à-dire l'influence d'un son sur un autre) perd beaucoup de sa signification. Le film montre que, très souvent, il suffit d'un très petit mouvement de la langue, dans un contexte, pour donner l'impression acoustique d'un son particulier qui, dans un contexte différent, nécessitera un mouvement complet de toute la langue. On trouve un bon exemple de ce fait dans l'enregistrement filmé de la phrase: ðeɜʒ ə kraud in ðə bak ru:m, où la voyelle *in* n'entraîne qu'un léger mouvement du bout de la langue, tandis que la même voyelle dans *him* nécessite un mouvement considérable de toute la langue.

L'opération qui consiste à apprendre à parler, accomplie tout naturellement par imitation par la plupart d'entre nous, nécessite quelques fois une aide supplémentaire. On enseigne la parole aux sourds-muets, par exemple, à l'aide d'une méthode longue et difficile, qui consiste à leur apprendre à faire délibérément les mouvements musculaires appropriés et, dans le cas de certaines maladies nerveuses, il peut être nécessaire de faire un rééducation complète de la parole. Des cas moins compliqués, comme d'apprendre à prononcer une langue étrangère, entraînent aussi l'apprentissage de nouvelles habitudes

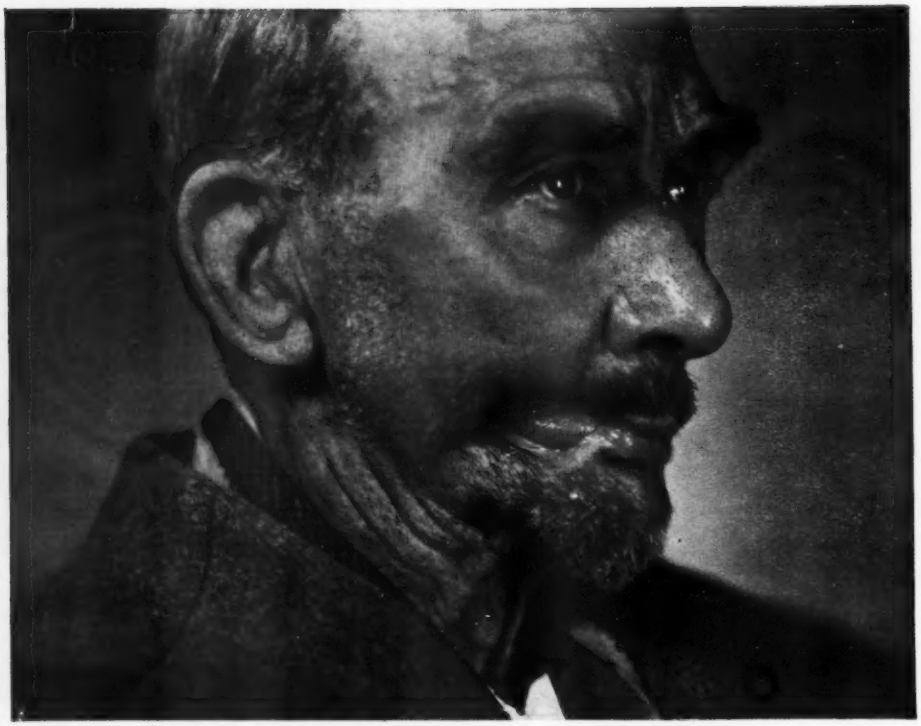


FIGURE 5 – *La langue en position de repos caractéristique.*

musculaires. Dans ce cas, c'est l'oreille qui fournit l'aide principale et lorsque l'ouïe est normale elle fera la majeure partie du travail. Il est souvent nécessaire, même dans ce cas, d'aider l'oreille avec divers procédés visuels. Si l'ouïe est défectueuse, l'acquisition de nouvelles habitudes musculaires relatives à la parole dépend des sens de la vision et kinæsthétique et nous devons chercher des moyens de présenter à l'œil les phénomènes de la parole.

Nous disposons maintenant d'un film de la langue produisant les sons employés pour prononcer l'anglais. On peut choisir n'importe quelle partie de ce film et en faire un rouleau, de telle sorte que lorsqu'on le projette, la même série de mouvements et de sons est présentée à l'élève autant de fois qu'on le désire. Le grand avantage de cette méthode est que les séries de sons peuvent être divisées en leurs composants ou même, si nécessaire, en sons isolés qui peuvent être regroupés en séries plus longues et plus complexes au fur et à mesure des progrès de l'élève. Il sera facile d'obtenir, dans un but éducatif, des séries de rouleaux de tous les sons, syllabes et mots démontrés dans le film.

Les sourds-muets ont quelques fois une trace d'ouïe qu'il est important d'utiliser lorsqu'on leur apprend à parler. Le film ayant une bande sonore synchronisée, nous avons là un moyen facile de leurs présenter un stimulus auditif, parfaitement synchronisé avec le stimulus visuel. Il suffit de prendre le signal de la bande sonore, de l'amplifier et de le faire passer dans une paire d'écouteurs pour obtenir l'aide auditive voulue pour chaque élève.

Note. Les planches en couleur, figures 6, 7, 8 et 9, montrant l'action de la langue pour certains sons au cours de la parole, ont été choisies parmi des séries de photographies faites à l'aide d'une lampe à décharge gazeuse donnant une exposition d'une fraction de milliseconde. Les figures 1, 2, 3, 4 et 5 sont des agrandissements tirés du film « technicolor » à vitesse normale, chaque exposition étant de l'ordre de 0,20 seconde.

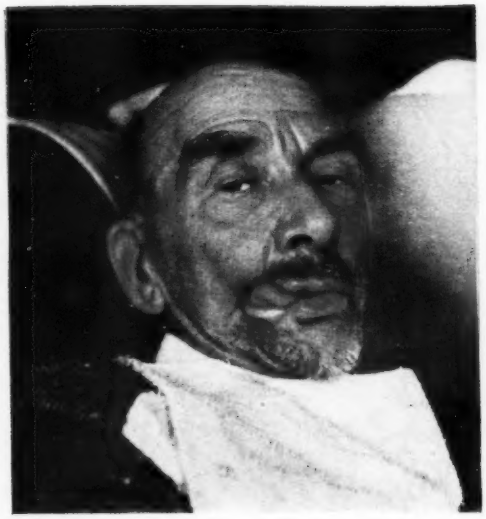


FIGURE 6 – *Figure montrant la langue arquée vers l'avant de la bouche pour la voyelle dans* he (hi:).

FIGURE 7 – *La langue est abaissée et rétractée pour la voyelle dans* harm (ha:m).

FIGURE 8 – *L'extrémité de la langue établit un contact à l'avant pour la lettre* t *dans* part-time (pa:t taim).

FIGURE 9 – *Pour la lettre* k *de* black-case (blæk keis) *la langue est arquée et rétractée pour établir un contact avec le voile du palais.*

Les fibres nerveuses géantes

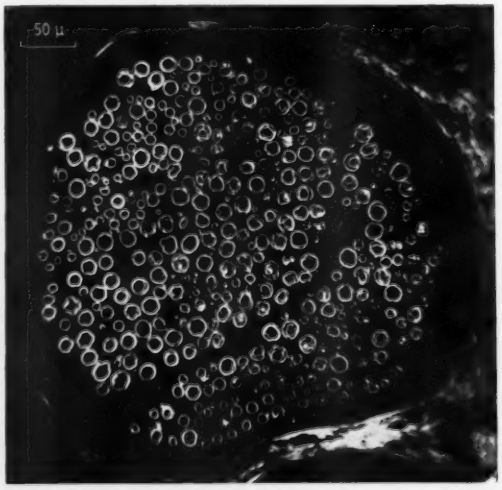
J. Z. YOUNG

Certaines structures tubulaires transparentes observées chez le calmar avaient été prises tout d'abord pour des vaisseaux sanguins. Monsieur Young a trouvé qu'elles étaient en réalité des fibres nerveuses géantes et cette découverte a été le point de départ d'importants progrès dans nos connaissances relatives à la substance nerveuse et ses propriétés et tout particulièrement en ce qui concerne la régénération des nerfs après lésion.

Chez l'homme, les nerfs des bras et des jambes sont des cordons blancs, brillants, contenant chacun des milliers de fibres nerveuses dont le diamètre n'est que de quelques microns[1] (figure 1). Ils ont pour fonction de conduire les messages sensoriaux de la peau au cerveau et les messages moteurs en sens inverse du cerveau aux muscles. Il y a des fibres distinctes pour chaque type de sensibilité de la peau (toucher, chaleur, froid, douleur) et des fibres ayant pour fonction la contraction du muscle. Pour toute fonction délicate, comportant une discrimination sensorielle compliquée ou des mouvements déliés, de très nombreuses fibres nerveuses entrent en jeu. Pour cette raison, les nerfs des membres sont beaucoup plus importants et contiennent plus de fibres nerveuses chez l'homme que chez les animaux.

En étudiant, en 1933, le système nerveux du calmar, j'avais observé certaines structures tubulaires transparentes d'environ 1 mm de diamètre. Je les avais prises d'abord pour des vaisseaux sanguins et y avais prêté peu d'attention, mais les particularités de leur aspect, par observation au microscope, m'avaient peu à peu conduit à penser qu'elles étaient des fibres nerveuses d'un diamètre plusieurs fois supérieur à celui de toute autre fibre nerveuse connue. Il était évident que dans ce cas elles conviendraient parfaitement à des recherches expérimentales, mais il était nécessaire d'étudier tout d'abord leur structure, leurs relations et leurs fonctions et de prouver qu'elles étaient bien des fibres nerveuses.

FIGURE 1 – *Photographie de la coupe d'un tronçon de nerf de mammifère, montrant les fibres de tous diamètres à partir de 20 μ. (Photographie due à l'obligeance du Dr F. K. Sanders.)*



Le calmar est un animal marin très commun, de la famille de l'octopus. Les pêcheurs en capturent de grandes quantités dans diverses parties du monde, mais on se heurte à une difficulté réelle lorsque l'on veut les étudier, et qui provient du fait que ces animaux sont très remuants et demandent un volume d'eau considérable. Il en résulte qu'il est difficile de les conserver vivants en dehors de la mer et qu'il est même difficile de les amener à terre car ils sont aisément abîmés dans un chalut. Il fut possible, cependant, grâce à la coopération du docteur Stanley Kemp et de ses collaborateurs du laboratoire de la « Marine Biological Association », à Plymouth, d'obtenir des calmars vivants. Il fut possible de prouver que ces structures étaient bien d'énormes fibres nerveuses et qu'elles convenaient parfaitement pour des recherches expérimentales. Au cour des années qui ont précédé la guerre, de nombreux chercheurs les employèrent à Plymouth et à la station marine de Woods Hole, Mass., et il fut possible de faire une étude de certaines propriétés, qui n'aurait pu être menée à bien avec des fibres plus petites.

Le calmar emploie ses grandes fibres nerveuses pour se mouvoir de la

[1] 1 micron (1 μ) = $\frac{1}{1000}$ mm.

façon qui lui est particulière, et qui est basée sur le principe de la fusée (figure 2). Un jet d'eau, provenant d'un organe en forme de sac, le manteau, jaillit d'un tube qui peut être dirigé en avant, en arrière ou sur les côtés. Le calmar emploie ce mécanisme pour filer brusquement dans l'eau, et il est muni d'une paire de nageoires pour les mouvements plus délicats.

Le jet est produit par des muscles circulaires dont la contraction diminue le volume du sac. Ces muscles contiennent des milliers de fibres nerveuses distinctes, mais ils ne sont actionnés que par dix fibres nerveuses de grande dimension et qui sont disposées en ordre de grandeur croissante, la dernière étant la plus longue et aussi la plus large. L'étude de l'un de ces nerfs confirme que la grande fibre nerveuse unique gouverne toutes les fibres musculaires de la partie postérieure du sac. Si l'on pique cette grande fibre, ou qu'on l'endommage d'une façon quelconque, la stimulation électrique ne produit plus de contractions rapides du muscle [13]. Ceci prouve d'une façon certaine que ces structures sont bien des fibres nerveuses. Pour que le jet produit soit effectif, il faut que le sac se contracte entièrement et ceci est obtenu à l'aide de quelques grandes fibres nerveuses qui ne permettent pas la production de mouvements gradués. Les mouvements des nageoires, d'autre part, sont déliés et nécessitent de nombreuses fibres nerveuses. Dans ce cas, comme le montre la figure 3, les nerfs contiennent de nombreuses petites fibres, en outre quelques-unes à grandes dimensions.

Comme toutes les fibres nerveuses, ces fibres géantes présentent des modifications électriques pendant leur période d'activité. On sait depuis longtemps que pendant qu'un message nerveux voyage, la région active devient électriquement négative vis-à-vis de toutes les régions avoisinantes. Deux électrodes placées sur un nerf et reliées à un système d'amplification et d'enregistrement convenables, montreront une variation diphasique à mesure que l'impulsion atteint les deux électrodes en succession (figure 6). Il est évidemment très avantageux de pouvoir étudier ces variations sur une fibre nerveuse unique, mais on ne peut y parvenir avec les petites fibres des vertébrés qu'en employant une technique très particulière. Avec le calmar, on obtient de bien meilleurs résultats et sans préparations compliquées, en enlevant simplement le nerf de l'animal et le plaçant sur des électrodes reliées à un amplificateur et en applicant une excitation à l'une des extrémités. Le potentiel produit par l'activité de la grande fibre étant beaucoup plus haut et étant conduit avec une vitesse très supérieure, il se distingue nettement des autres (figure 6). La figure 7 montre un enregistrement d'une série d'impulsions de ce genre, réalisé par le docteur H. K. Hartline et moi-même à Woods Hole. Dans ce cas, le nerf était activé par application à l'une de ses extrémités d'une solution de citrate de sodium; ceci a pour effet de précipiter le calcium et donne naissance à des décharges rhytmiques. Pour un fonctionnement normal, une seule de ces impulsions passe sur la fibre nerveuse géante pour chaque contraction du manteau.

La facilité avec laquelle on peut enregistrer les activités électriques des fibres nerveuses de calmar a été mise à profit par de nombreux chercheurs pour pousser plus avant l'étude de l'impulsion propagée. La nature de la conduction nerveuse a été étudiée depuis de nombreuses années et nous en savons plus sur ce sujet que sur n'importe quelle autre fonction.

Depuis longtemps on a supposé qu'une des caractéristiques des nerfs réside dans le fait qu'il y a une différence de potentiel, le potentiel de repos, entre l'intérieur et l'extérieur. Ceci a été directement confirmé par des recherches de Hodgkin et Huxley [7], qui introduisaient une électrode à l'intérieur de la fibre géante. La différence de potentiel est due à ce que la surface du nerf est composée d'une membrane perméable à action différentielle qui, en conjonction avec les modifications chimiques se produisant à l'intérieur de la cellule, conduit à une distribution inégale des particules chargées. On pense, en particulier, que le potassium est présent en beaucoup plus grande quantité à l'intérieur qu'à l'extérieur de la fibre nerveuse. Ceci a été prouvé par analyse directe de la fibre de calmar non contaminée. En fait, la différence est considérablement plus grande qu'on ne l'avait estimée par l'analyse de tronçons de nerfs entiers et en s'appuyant sur diverses suppositions. Webb et moi-même, à Plymouth [12], avons trouvé une concentration de potassium à l'intérieur des fibres vingt-neuf fois plus grande que celle de l'extérieur, et Bear et Schmitt [1], à Woods Hole, sont arrivés au chiffre de vingt-six. Le sodium et le chlore, d'autre part, sont présents en plus petites quantités à l'intérieur des fibres qu'autour d'elles. Si nous supposons que la membrane est presqu'imperméable aux anions et aux plus grands cations tels que Na^+, mais complètement perméable à K^+, la grandeur du potentiel devrait être donnée par la formule suivante:

$$\mathcal{E} = \frac{RT}{F} \log_e \frac{[K^+] \text{ intérieur}}{[K^+] \text{ extérieur}}$$

Ce chiffre a été calculé pour chacune des fibres analysées et comparé aux potentiels enregistrés directement sur la fibre avant analyse. Les potentiels observés étaient, en moyenne, inférieurs de 7,5 mv environ, à ceux obtenus par le calcul, ce qui constitue un écart d'environ 10 pour cent. Si l'on tient compte des difficultés rencontrées, ceci indique nettement que ce potentiel est un potentiel de diffusion du potassium. Toutefois, même si ce fait est exact, il ne représente qu'une partie du phénomène. Steinbach et Spiegelman [11] ont montré récemment que le sodium peut pénétrer et le potassium sortir très aisément des fibres, de sorte que l'hypothèse du potentiel de diffusion ne peut expliquer tous les faits.

Pendant le passage de l'impulsion nerveuse, la membrane devient complètement perméable à tous les ions, et il s'établit un courant entre la région active et la région voisine qui amène la rupture de la membrane de cette dernière de telle sorte qu'une vague de décharge balaye la fibre. Le docteur Cowan du University College de Londres a démontré que du potassium s'échappe de chaque fibre au cours de ce processus. Les caractéristiques des membranes en activité et au repos sont d'une importance fondamentale et K. S. Cole et ses collègues ont pu mesurer directement les caractéristiques des membranes par insertion d'électrodes à l'intérieur de la fibre nerveuse [3]. Ils ont trouvé que les propriétés électriques de la membrane sont équivalentes à celles d'un circuit contenant une capacité en dérivation avec une bobine d'induction et un redresseur en série. On peut s'attendre à cet effet dans le cas d'une membrane à perméabilité sélective séparant deux électrolytes, et Cole suggère pour la membrane une structure piezo-électrique, quasi cristalline, pour expliquer son inductance. Hill [6] a montré que la chaleur produite par le passage d'une impulsion est plus petite que l'énergie libre d'une surface eau-huile, équivalente à celle qui entre probablement en jeu. Nos connaissances sont encore trop limitées pour qu'il soit possible de dire avec certitude quels changements se produisent, mais Danielli [4] a émis une théorie basée sur la supposition que l'augmentation des perméabilités était due à une variation du degré d'entassement des molécules qui résulte en un dégagement de chaleur de l'ordre de grandeur de celui observé par Hill.

En dehors des recherches électriques mentionnées plus haut, des recherches optiques ont été effectuées sur la fibre, en lumière ordinaire ou polarisée, et qui montrent l'existence d'une structure longitudinale des molécules composant la fibre nerveuse [2]. On peut obtenir, par expression du contenu de l'extrémité d'une fibre géante dissectée, environ 10 mgr d'« axoplasme » pur, et c'est sur cette substance que l'on s'est livré, en dehors des analyses de potassium déjà décrites, à des recherches sur les protéines des nerfs. Richards et ses collaborateurs ont étudié récemment d'autres détails de la structure fine à l'aide du microscope électronique [10] et ont trouvé des bâtonnets de toutes tailles, de 15 mμ au moins.

Ces connaissances sur la nature du nerf et sa conduction nous permettent de mieux comprendre ce qui touche aux facteurs déterminant la vitesse de l'impulsion nerveuse. Dans un système tel que celui que nous venons de décrire, la vitesse de conduction devrait augmenter *a*) avec le diamètre qui diminue la résistance interne; et *b*) par changement des caractéristiques de la membrane. Cette dernière méthode est celle qui s'applique aux vertébrés chez lesquels chaque fibre nerveuse est entourée de couches concentriques de molécules grasses orientées, qui constituent « l'enveloppe de myéline ». Chez le calmar, on ne trouve pas cette couche, mais on trouve des fibres nerveuses dont le diamètre varie entre 1 μ et 1 mm, ce qui rend cet animal particulièrement bien adapté pour des recherches sur l'influence du diamètre. En fait, il n'est pas facile d'employer toute la série des diamètres, et Pumphrey et moi-même [9] avons trouvé que les vitesses de conduction variaient entre 3 et 22 m par seconde pour des diamètres variant entre 40 et 718 μ. La vitesse semble être approximativement proportionnelle à la racine carrée du diamètre, ce qui correspond à ce que la théorie pouvait laisser prévoir.

Si toutes les fibres conduisaient les impressions avec la même vitesse, l'avant du manteau se fermerait avant la partie postérieure. En fait, les vitesses de conduction dans les nerfs sont telles que la contraction de tout le sac se produit à peu près en même temps. La présence de fibres géantes diminue ainsi de façon notable le temps pris par l'animal pour entrer en action. Une conduction rapide est indispensable pour une vie active, en particulier pour un animal assez long. La vitesse de conduction dans les fibres nerveuses les plus larges du calmar atteint environ 25 m par seconde, tandis que dans

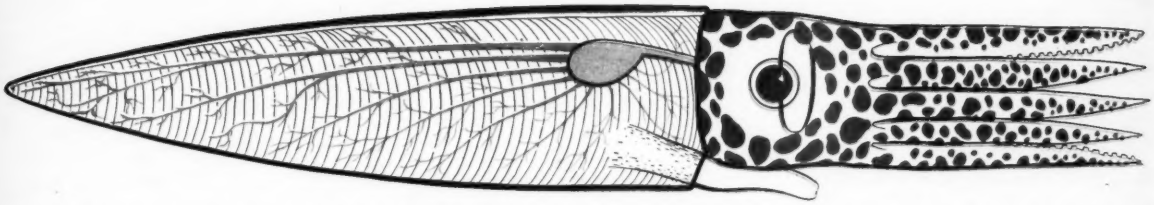


FIGURE 2 – *Diagramme de calmar dont le manteau a été coupé pour montrer le ganglion médullaire (rose) duquel émergent dix nerfs contenant chacun une fibre géante (rouge). Les fibres augmentent de grandeur à l'arrière et comme la vitesse de conduction augmente avec le diamètre du nerf, l'impulsion atteint toutes les parties du manteau à peu près en même temps.*

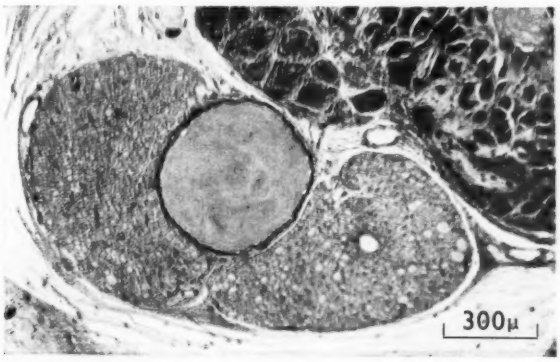


FIGURE 3 – *Photographie d'une section transversale de l'un des nerfs centraux du calmar, à sa sortie du ganglion. On voit une fibre très large, entourée d'une enveloppe de collagène teintée en vert. Le restant du nerf est composé de nombreuses petites fibres. Au-dessus du nerf, on voit une portion du ganglion, le corps de Nissl, caractéristique de la cellule nerveuse, teintée de rouge. Cette section est colorée par la méthode trichrome de Masson.*

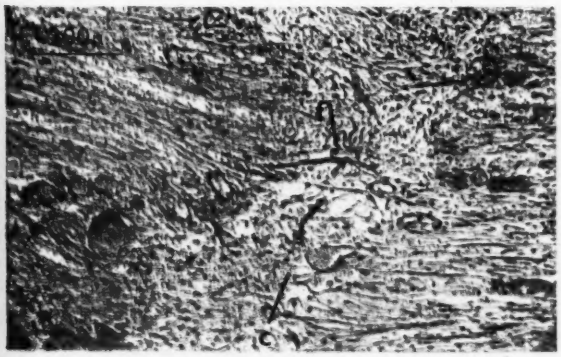


FIGURE 4 – *Section longitudinale d'un nerf qui a été coupé 5 jours auparavant et dont les extrémités ont été réunies à ce moment. Le tronçon central est situé à gauche et contient des fibres nerveuses d'où poussent des filaments (f) dans la région endommagée. Là, elles rencontrent des colonnes particulières de cellules (c) poussant du tronçon périphérique à leur rencontre. Cette figure et la suivante représentent des préparations colorées à l'aide du colorant argenté de Bodian et du colorant trichrome de Masson. Les fibres nerveuses sont noires ou brun-violacé; les vaisseaux sanguins sont orange; les tissus conjonctifs verts.*

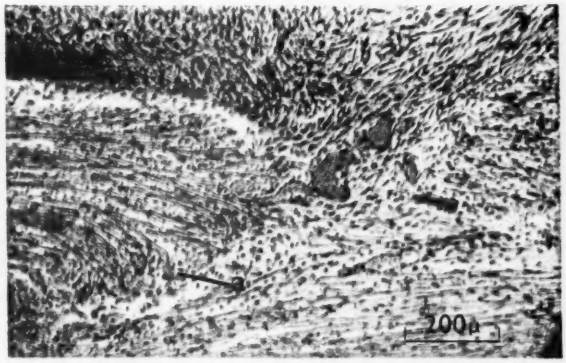


FIGURE 5 – *Section longitudinale d'un nerf de lapin sectionné 5 jours auparavant et dont les extrémités ont été mal jointes. Le tronçon central est à gauche. La matière nouvelle (a) pousse à partir des fibres nerveuses, mais est arrêtée et ne peut se joindre au tronçon périphérique.*

FIGURE 6 – *Enregistrement du potentiel d'activité dans un nerf de calmar. Le nerf est placé en travers des électrodes, dont deux servent à la stimulation et deux sont reliées avec un amplificateur. L'enregistrement se lit de gauche à droite. La première oscillation est produite par application du stimulus, la seconde par la fibre géante, et les suivantes par l'effet combiné des petites fibres du nerf. Le temps indiqué équivaut à* 10 *msec.*

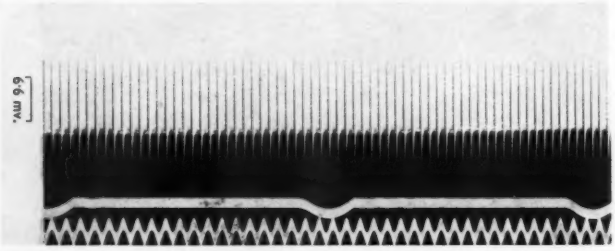


FIGURE 7 – *Enregistrement d'une décharge répétée dans une fibre géante de calmar, à l'extrémité de laquelle on a appliqué une solution à* 1 *pour cent de citrate de sodium. Les indications de temps montrent* 10 *et* 200 *msec.*

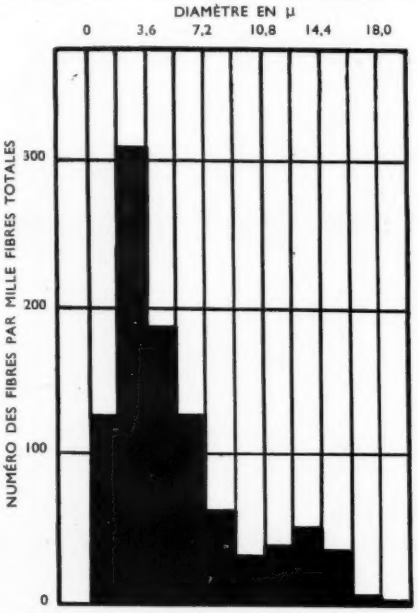


FIGURE 8 – *Histogramme montrant le nombre de fibres de différentes grandeurs dans le nerf moteur d'un lapin. (Figure due à l'obligeance du Dr F. K. Sanders.)*

les nombreuses fibres plus petites, telles que celles des nageoires, elle ne dépasse pas 5 m. Il ne faut probablement pas plus de 50 msec à l'animal pour se mettre en mouvement après qu'une image, agréable ou désagréable, a impressionné sa rétine. Sur ce temps, 15 msec à peu près sont prises pour la conduction le long des nerfs, de telle sorte que si ceux-ci étaient fins et leur conductibilité d'environ 5 m par seconde, l'animal prendrait au moins deux fois plus de temps à se mettre en mouvement.

Les calmars géants, tels que l'*Architeutis*, qui habitent au fond des mers, sont beaucoup plus grands que l'espèce habituelle (*Loligo*) que nous avons étudiée. Un spécimen qui avait été rejeté à Scarborough et que j'ai examiné au Museum d'Histoire Naturelle de South Kensington, avait un manteau de 125 cm de long, et sa longueur totale, tentacules comprises, devait dépasser 2 m. On a signalé des variétés beaucoup plus grandes. Mais les nerfs du spécimen mentionné plus haut ne contenaient pas de fibres dépassant 250 μ. Il n'y a aucune raison de supposer que celles-ci conduisent plus vite que ne le feraient des fibres de même taille dans le *Loligo*. De plus, les nerfs des longs tentacules ne contiennent pas de fibres géantes. Il faut donc au moins une seconde à un message pour aller d'une extrémité à l'autre et retour chez ces animaux.

La haute température constante des oiseaux et des mammifères augmente la vitesse de conduction jusqu'à plus de 100 m par seconde, ce qui fait qu'un message peut aller d'un bout à l'autre d'une baleine de la plus grande taille en une fraction de seconde. Nous pouvons imaginer l'avantage de cette conduction rapide si nous songeons que pour nous-mêmes, s'il n'y avait pas de conduction dépassant 1 m par seconde, il nous faudrait plus d'une seconde pour retirer notre jambe après que le pied serait entré en contact avec une surface chaude ou une épingle.

Il est intéressant de voir que dans n'importe quel animal, les fibres nerveuses ne conduisent pas toutes à la même vitesse. Chez les mammifères, chaque fonction sensorielle ou motrice est servie par des fibres d'un diamètre particulier. Chaque nerf contient ainsi un faisceau de fibres de différents diamètres et de diverses vitesses de conduction (figure 8). Les plus rapides ont un diamètre d'environ 20 μ (y compris une enveloppe de 5 μ) et sont ceux qui conduisent les élans du système nerveux central aux muscles. La vitesse est importante dans ce cas, non seulement à cause du temps gagné, mais aussi parce qu'elle

assure la contraction simultanée de nombreuses fibres musculaires. Les messages relatifs au toucher sont conduits à une vitesse d'environ 25 m par seconde. Il est curieux de noter que ceux qui ont trait à la douleur sont en général très petits et conduisent seulement à la vitesse de 1 m par seconde. Lewis [8] a montré qu'il y avait d'autres nerfs se rattachant à la douleur et conduisant les impressions plus rapidement, et que lorsqu'une épingle est enfoncée dans la peau il est possible de distinguer entre la douleur rapide qui arrive la première et la douleur tardive conduite par les fibres plus lentes.

Cette question du faisceau de fibres qui se trouvent dans chaque nerf nous amène à un aspect de la question qui est d'un intérêt tout particulier en temps de guerre, celui de leur guérison après lésion. Lorsqu'un nerf a été coupé, les fibres nerveuses disparaissent de la région qui a été séparée du système nerveux central, ne laissant dans le tronçon périphérique que le cadre structural du nerf, composé de tissus de connection et autres éléments. Les fibres nerveuses du tronçon central restent intactes et lancent bientôt de nouvelles ramifications (figures 4 et 5). Si les deux tronçons nerveux ont été recousus, ces ramifications des fibres centrales passent à travers le tronçon périphériques et gagnent finalement les muscles ou la peau. Mais nous avons vu qu'un grand nerf contenait des milliers de fibres nerveuses différentes et que celles-ci comprennent divers groupes de diamètres, vitesses de conduction et fonctions variées. Si l'on veut obtenir une bonne régénération des fonctions, il faut faire des connections nouvelles appropriées. Les nerfs moteurs doivent être réunis avec les muscles et non avec la peau, et ainsi de suite. On a souvent suggéré que des forces d'attraction spéciales entraient en action et assuraient ces connections. Mais des travaux récents sur ces questions, effectués dans ce laboratoire et ailleurs, ont montré que ces connections se produisent au hasard. Chacune des, disons, dix-mille fibres du tronçon central se divise et émet de nombreuses ramifications et chacune de celles-ci se développe dans le tube de tronçon périphérique qu'elle rencontre, quel qu'il soit. Il se forme ainsi beaucoup de mauvaises connections et quelques bonnes, et il est possible qu'il y ait un mécanisme grâce auquel les fibres mal reliées soient éliminées plus tard.

L'étude du diamètre des fibres nouvelles dans le tronçon périphérique montre qu'il approche très lentement de la normale. Même chez un animal aussi petit que le lapin, le processus n'est pas terminé un an après que le nerf a été suturé, et le faisceau nerveux ne redevient probablement jamais normal [5]. Il n'est donc pas surprenant qu'après qu'un nerf a été coupé il ne retrouve jamais complètement sa fonction. Les mouvements musculaires restent mal coordonnés et, tout au moins pendant la période de croissance et peut-être aussi après, il peut y avoir des douleurs et autres sensations anormales. Plus nous étendrons nos connaissances relatives à la conduction et à la régénération nerveuse, plus nous deviendrons aptes à prévenir et à corriger ces infirmités. Le seul fait que le corps produise un mécanisme, même lent, de régénération après accident, montre l'importance fondamentale des nerfs.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bear, R. S., et Schmitt, F. O. « Electrolytes in the Axoplasm of the Giant Nerve-fibres of the Squid », *J. cell. comp. Physiol.*, 1939, **14**, 205.

[2] Bear, R. S., Schmitt, F. O., et Young, J. Z. « The Ultrastructure of Nerve Axoplasm », *Proc. roy. Soc. Lond.*, 1937, **123**, [B], 496.

[3] Cole, K. S. « Rectification and Inductance in the Squid Giant Axon », *J. gen. Physiol.*, 1941, **25**, 29.

[4] Danielli, J. F. « The Permeability Change of Stimulated Nerve », *J. Physiol.*, 1941, **100**, 117.

[5] Gutmann, E., et Sanders, F. K. « The Recovery of Fibre Numbers and Diameters in the Regeneration of Peripheral Nerves », *J. Physiol.*, 1943, **101**, 489.

[6] Hill, A. V. *Chemical Wave Transmission in Nerve*, Cambridge, 1932.

[7] Hodgkin, A. L., et Huxley, A. F. « Action Potentials recorded from inside a Nerve-fibre », *Nature, Lond.*, 1939, **144**, 710.

[8] Lewis, T. *Pain*, New York, 1942.

[9] Pumphrey, R. J., et Young, J. Z. « The Rates of Conduction of Nerve-fibres of various Diameters in Cephalopods », *J. exp. Biol.*, 1938, **15**, 453.

[10] Richards, A. G.; Steinbach, H. B.; et Anderson, J. F. « Electron Microscope Studies of Squid Giant Nerve Axoplasm », *J. cell. comp. Physiol.*, 1943, **21**, 129.

[11] Steinbach, H. B., et Spiegelman, S. « The Sodium and Potassium Balance in Squid Nerve Axoplasm », *J. cell. comp. Physiol.*, **22**, 156.

[12] Webb, D. A., et Young, J. Z. « Electrolyte Content and Action Potential of the Giant Nerve-fibres of *Loligo* », *J. Physiol.*, 1940, **98**, 299.

[13] Young, J. Z. « The Functioning of the Giant Nerve-fibres of the Squid », *J. exp. Biol.*, 1938, **15**, 170.

Le froid et son importance vitale

JAMES SMALL

L'application de la réfrigération mécanique à la conservation des aliments et à leur transport sur de grandes distances dans des conditions excellentes a effectué une révolution économique importante et durable. Le Professeur Small décrit ici le développement de cet aspect du froid artificiel, dont l'importance en temps de guerre est littéralement vitale et qui, en temps de paix, donnera à l'humanité la santé et le bien-être.

LES DÉBUTS DE LA RÉFRIGÉRATION

Les premières civilisations se sont toutes produites dans des pays où la chaleur du soleil était souvent très gênante. Les anciens avaient donc beaucoup plus de raison que nous en Grande-Bretagne d'apprécier la fraîcheur, et nous pouvons très bien imaginer qu'ils étaient prêts à se donner beaucoup de mal pour se procurer une boisson rafraîchissante, comme ils le faisaient d'ailleurs. En hiver, on recueillait de la neige dans les régions où il y en avait et on la comprimait en blocs de glace, qu'il fallait parfois transporter à de grandes distances, dans des récipients isolants rudimentaires, et qui étaient conservés dans les caves pour être utilisés au moment de la saison chaude.

On préparait généralement une boisson fraîche en faisant fondre un morceau de glace dans le liquide lui-même. Mais ne prenant aucune précaution d'hygiène ni dans le ramassage ni dans l'emmagasinage de la glace, les Romains s'aperçurent que beaucoup de maladies étaient dues à l'abus de boissons rafraîchies. Pour éviter cela ils eurent recours au refroidissement par l'extérieur des récipients contenant les boissons. Ils avaient en somme inventé le seau à glace.

LES DÉBUTS DE LA SCIENCE DU REFROIDISSEMENT

On connaît depuis longtemps le moyen d'obtenir un important degré de refroidissement d'une surface mouillée d'un liquide plus volatile que l'eau en soufflant sur cette surface, et les médecins l'ont employé longtemps pour obtenir une anesthésie locale.

Le travail fondamental dans ce domaine fut réalisé il y a environ deux cents ans au Collège de Glasgow par le grand physicien William Cullen, qui y fut le premier conférencier en chimie. Il démontra que le point d'ébullition des liquides varie avec la pression, et que l'on peut obtenir le refroidissement en provoquant l'évaporation par réduction de la pression. Cullen dit dans un article écrit en 1755:

> Dans une expérience faite avec de l'éther nitreux, alors que la température de l'air était 43° nous avons mis le vase contenant l'éther dans un autre un peu plus grand, contenant de l'eau. Après avoir fait le vide dans la cloche et les y avoir laissés pendant quelques minutes, nous avons remarqué que la plus grande partie de l'eau était gelée et que le vase contenant l'éther était entouré d'une épaisse et solide couche de glace.

Ceci est, à notre connaissance, le premier compte-rendu de la production artificielle de glace. C'est l'élève et le successeur de Cullen, Joseph Black, qui formula la théorie de la chaleur latente. Ce faisant il a apporté une contribution de premier ordre à la science de la réfrigération.

DÉVELOPPEMENTS DES MACHINES FRIGORIFIQUES

Jusqu'à l'année 1834, il n'y eut aucune tentative d'appliquer dans une machine commerciale l'expérience de Cullen, mais cette année-là, Jacob Perkins construisit un appareil frigorifique à compression fonctionnant avec un liquide volatile. S'il avait persisté dans son intention première d'employer « l'éther sulfurique » il aurait peut-être obtenu la première machine à faire de la glace, car son appareil avait tous les traits essentiels des machines à compression de vapeur en usage aujourd'hui.

La première machine à fonctionnement continu est peut-être celle qu'inventa aux environs de 1845 le Dr Gorrie, à la Nouvelle Orléans, qui utilisait l'air; mais ce ne fut pas une très grande réussite car, par suite d'une erreur de thermodynamique elle s'avéra très peu économique. James Harrison, un Australien, réussit une machine à l'éther en 1857, et Alexander Kirk construisit vers 1860, une machine à refroidissement

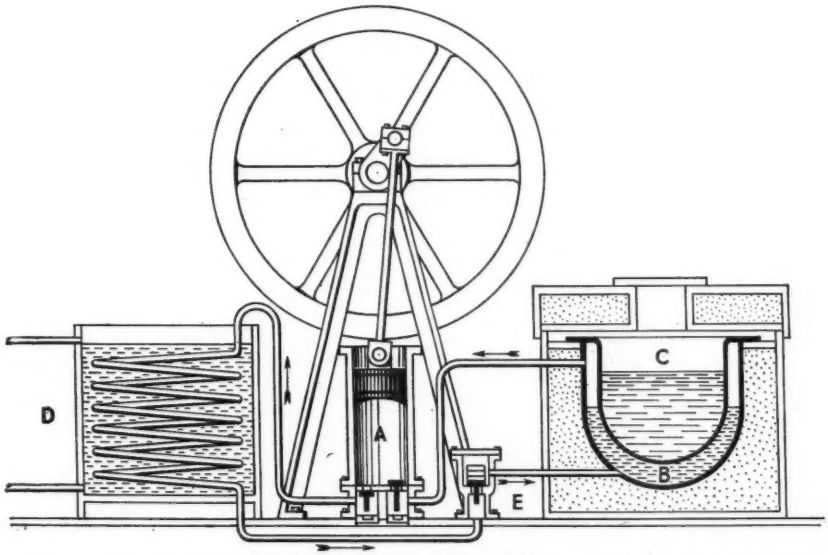
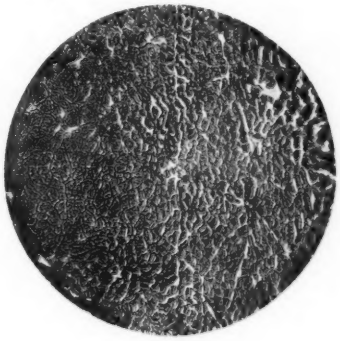
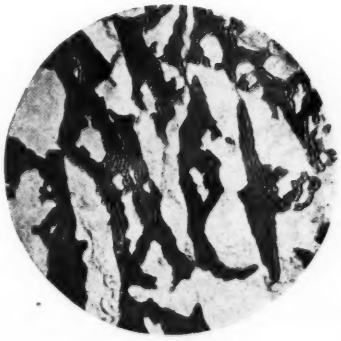


FIGURE 1 – *Machine frigorifique de Jacob Perkins, 1834. Elle possédait toutes les parties importantes des machines modernes. Le compresseur* A *aspirait la vapeur du liquide volatile contenu en* B, *causant ainsi une perte de chaleur de l'eau et la formation de glace dans le vase* C. *La vapeur comprimée passait dans le serpentin* D, *d'où elle se liquifiait. De là le liquide passait par la soupape* E *et retournait en* B.



a)



b)

FIGURE 2 – *a*) *Refroidissement rapide — la structure musculaire de la viande est complètement congelée en 4 minutes. b*) *Refroidissement lent — structure musculaire de viande congelée en 275 minutes. Dans ce cas, la durée de congélation est le temps mis pour passer de 5° C à – 5° C.*
(Food Investigation Reports of the D.S.I.R., 1931.)

FIGURE 3 – *Pavés de bœuf désossé congelés rapidement, préparés en Angleterre pour être expédiés vers les fronts de guerre. Les 64 pavés pèsent 1.000 kg, et mesurent 1 m³. Une seule carcasse, ordinairement, pèse environ 300 kg, et occupe jusqu'à 2,7 m³. On économise ainsi de l'espace sur les navires, en désossant, comprimant et congelant rapidement.*
(*Reproduction par la bonté de* Modern Refrigeration.)

par l'air, pour un travail ayant trait à l'extraction de paraffine des schistes distillés en Ecosse.

Vers 1870 on fit de grands progrès, en grande partie parce que les principes de thermodynamique, qui avaient été établis vers 1850 par William Thomson (Lord Kelvin) et Macquorn Rankine, étaient alors beaucoup plus largement répandus.

UTILISATION DU FROID POUR LA CONSERVATION DES ALIMENTS

Il y a très longtemps que l'on a remarqué que si les aliments sont gardés à une température fraîche ils restent plus longtemps comestibles. On raconte que Francis Bacon, en mars 1626, allant à Highgate, fut pris de la curiosité de savoir si la neige retarderait la putréfaction. Il arrêta sa voiture, acheta un poulet, et de ses propres mains le bourra de neige. On ne sait pas ce qu'il advint de l'expérience; mais il semble que le résultat en ait été désastreux pour l'expérimentateur qui mourut d'un coup de froid une semaine après.

L'emploi de glacières pour la conservation des aliments est sans aucun doute très ancien, et ce procédé est encore très largement employé aujourd'hui. Le premier produit alimentaire transporté sur un long trajet par mer fut la viande qui était conservée à bord des bateaux au moyen de glace mélangée à du sel et placée autour des récipients. Plus tard on fit circuler un courant d'air refroidi par de la glace dans les chambres contenant la viande. Ceci se passait vers 1870 lorsque la seule importation de bœuf congelée se faisait des Etats-Unis en Grande-Bretagne. On avait fait une tentative de transport de viande d'Australie par ce moyen, mais sans succès. Pour un voyage de cette durée il fallait quelque chose de plus durable que la glace. En 1877 un navire français transporta avec d'assez bons résultats une cargaison périssable d'Argentine en France, bien que le voyage ait duré 110 jours. Ce bateau était pourvu d'un appareil frigorifique à ammoniaque.

DÉVELOPPEMENT DE LA RÉFRIGÉRATION DANS LA MARINE BRITANNIQUE

Nous pouvons considérer que l'expérience des frigorifiques à ammoniaque ne fut pas très heureuse, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre étant donné l'état de la technique de la réfrigération à cette époque, car les français abandonnèrent l'expérimentation dans ce domaine et le problème resta à résoudre.

Henry et James Bell, membres d'une firme d'importateurs de viande à Glasgow, étaient désireux d'adopter une forme quelconque de machine frigorifique sur les bateaux transportant leurs cargaisons et ils consultèrent Lord Kelvin qui leur amena James Coleman qui avait acquis

FIGURE 4 – *Un coin de la cale frigorifique d'un navire. Le système de tuyaux contient une saumure qui a été elle-même refroidie à basse température par des machines frigorifiques.*

(Reproduction autorisé par L. Sterne & Company Limited.)

de l'expérience sur la réfrigération dans l'industrie des schistes. Le résultat fut la machine Bell-Coleman à air froid, qui fut installée à bord du paquebot *Circassia* en 1879. Il faisait le va-et-vient entre New-York et Glasgow, et il y a tout lieu de croire que l'essai fut réussi puisque l'on installa une seconde machine sur le *Strathleven*, vapeur de 2.257 tonneaux, qui, en 1880, transporta 34 tonnes de mouton et de bœuf congelé d'Australie à Londres. Un voilier, le *Dunedin*, muni de l'appareil frigorifique Bell-Coleman, apporta en 1882 les premières 5.000 carcasses de mouton congelé de Nouvelle-Zélande. Ce commerce prit une extension rapide. En 1874 on avait importé par le vieux procédé de la glacière 55 tonnes de viande. En 1901, avec l'aide des machines frigorifiques, 150.000 tonnes furent importées des Etats-Unis seulement, et en un seul mois, en 1939, c'est un total de 90.000 tonnes qui arrivèrent de toutes parts.

Un commerce similaire de fruits importés prit naissance et se développa rapidement dès que l'on eut mis au point la technique correcte pour la manipulation des fruits emmagasinés.

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES

La répercussion de ces développements nouveaux fut extraordinaire. Ils amenèrent une révolution économique, et l'Australie, la Nouvelle Zélande, et l'Amérique du Sud commencèrent à acquérir une grande puissance économique. Mais les résultats obtenus ainsi ne furent pas sans effet en Grande-Bretagne. Une guerre factieuse se livrait entre des intérêts opposés, d'une part les producteurs de viande de Grande-Bretagne et de l'autre, les importateurs. Les caricatures de l'hebdomadaire *Punch* illustrent de façon intéressante les sentiments du public à cette époque.

Il faut admettre, presque sans réserves, que sans l'importation de produits alimentaires frigorifiés un pays tel que la Grande-Bretagne n'aurait jamais pu nourrir sa population d'ouvriers. La stabilité économique de la Grande-Bretagne dépend de la réfrigération, et en temps de guerre il en est de même de la sécurité nationale.

Depuis 1880 les standards de régime alimentaire et les agréments de la vie se sont considérablement améliorés. Grâce au refroidissement artificiel par exemple, des fruits, qui étaient considérés comme exotiques et rares, ont pu, sauf pendant la guerre, être mis à la disposition de la masse de la population en Grande-Bretagne.

Pendant le mois de janvier 1939, la Grande-Bretagne avait importé assez de viande pour donner à chaque individu, homme, femme et enfant, 2 kg de viande, assez de beurre pour en donner à chacun 750 gr, assez d'oranges pour que chacun en ait une douzaine, et de plus, de grandes quantités d'œufs, de bananes, de pamplemousses, de citrons, de raisins, de poires, de prunes, et de pommes.

La préservation des produits alimentaires périssables par entreposage en chambre froide à terre vient en importance aussitôt après la réfrigération à bord des navires. Ceci est particulièrement vrai en temps de guerre, et le gouvernement a augmenté le nombre des installations frigorifiques du pays en en faisant construire de nouvelles, qui sont peut-être les meilleures de leur espèce dans le monde entier.

TECHNIQUE DE L'EMMAGASINAGE EN CHAMBRES FROIDES

La solution des problèmes mécaniques relatifs à la réfrigération était loin de résoudre le problème complètement. Le biochimiste et le bactériologiste ont travaillé aux côtés de l'ingénieur, dans l'étude du comportement des produits alimentaires dans différentes conditions physiques. Le travail du regretté Sir William Hardy, qui possédait à la fois les qualités de l'ingénieur, du chimiste, et du biologiste, permit à la Grande-Bretagne d'avoir l'honneur de montrer la voie dans l'étude scientifique complète de la conservation des produits alimentaires. Son travail avec le *Food Investigation Board* à la *Cambridge Low Temperature Research Station* et ailleurs, est devenu classique et a inspiré des recherches d'une valeur inestimable.

L'HISTOIRE DE LA POMME

Un exemple des résultats obtenus par Hardy et ses collaborateurs est l'étude du comportement de la pomme en chambre froide. Des cargaisons de pommes soigneusement emballées et conservées à une température suffisamment basse pour retarder le processus de pourrissage sans les congeler, s'avérèrent invendables après un long voyage parce qu'elles étaient devenues brunes à l'intérieur. Les recherches faites sur ce sujet révélèrent ce que nous résumons ci-dessous:

La pomme, comme tous les fruits, est un organisme vivant, et les processus vitaux ne cessent pas lorsqu'elle est détachée de l'arbre. Elle absorbe de l'oxygène et rejette du gaz carbonique et de l'eau. Plus la respiration est rapide, plus vite la pomme mûrit; plus la réspiration est lente plus longue sera la conservation. Le froid retarde les

processus vitaux, mais tant que la respiration se produit il faut surveiller l'atmosphère dans laquelle la pomme se trouve. Avec une concentration de gaz carbonique dans l'air allant jusqu'à 12,5 pour cent, les processus sont ralentis et la durée pendant laquelle le fruit se conservera est augmentée; mais à des concentrations plus élevées la vie décline et la maladie entre en jeu. C'est pourquoi les cales des navires dans lesquelles on transporte des pommes doivent être ventilées de telle sorte qu'il ne puisse y avoir accumulation du gaz carbonique exhalé par les fruits eux-même.

On évite de congeler les pommes pour leur transport par mer. Leur point de congélation est voisin de — 1,7° C et on les garde habituellement aux environs de — 0,5° C. Comme toutes les substances contenant de l'eau, les pommes perdent du poids si l'humidité dans les chambres froides est inférieure à une certaine valeur.

CONGÉLATION DE LA VIANDE

La viande conservée à une température juste au-dessus de son point de congélation est appelée de la viande frigorifiée. En règle générale elle ne se conserve pas plus de 28 jours mais jusqu'à ce moment-là, elle a l'aspect de la viande fraîche lorsqu'elle est exposée à l'étalage. La viande congelée d'autre part est de la viande refroidie jusqu'à — 9,5° C; elle reste consommable pendant de longues périodes. A la suite de l'expérience faite avec les fruits, on essaya d'employer une atmosphère contenant du gaz carbonique, et l'expérience réussit parfaitement. Les qualités de conservation étaient grandement améliorées et la croissance des moisissures inhibée dans une large mesure. Auparavant il n'était pas possible de transporter de la viande d'Australie et de Nouvelle Zélande autrement que congelée, mais avec la nouvelle méthode d'emmagasinage elle peut voyager à l'état de viande frigorifiée.

LES EFFETS DE LA CONGÉLATION RAPIDE

Lorsque l'on dégèle de la viande congelée il est fréquent qu'elle laisse exsuder son jus, elle « sue ». Ceci peut être dû en partie à un phénomène analogue à celui qui provoque la rupture des conduites d'eau en période de grands froids, mais ce n'est pas tout puisque les parois des cellules de la viande sont élastiques. Si la congélation est faite lentement, le cristal de glace contenu à l'intérieur de chaque cellule a le temps de se grossir des liquides provenant de l'extérieur à travers les parois cellulaires jusqu'à ce que les parois soient déchirées par le cristal grossissant. Quand elle dégèle le jus s'échappe. Si la congélation est effectuée très rapidement à une température très basse, on constate qu'il est possible d'éviter cette peu appétissante exsudation au moment où on dégèle la viande. Cette découverte a conduit à l'application des méthodes de congélation rapide pour le poisson, la viande, les fruits et les légumes, car si les précautions prises sont correctes, on arrive à obtenir des produits dégelés aussi frais et purs, et avec le même arome qu'avant leur congélation.

La vitesse de congélation du bœuf est augmentée grandement s'il est désossé, tassé en plaques épaisses, et comprimé entre les plaques frigorifiques évidées dans lesquelles passe le réfrigérant à basse température. Ce procédé prend de plus en plus la place de la frigorification par suite de l'économie qu'elle représente dans l'espace nécessaire pour le transport.

ŒUFS ET AUTRES DENRÉES

Nous avons vu combien les pommes sont difficiles au point de vue des conditions de transport, mais les œufs nous ont toujours semblé indifférents. Et pourtant ce sont eux qui sont les plus difficiles de toutes les denrées transportées en chambres froides.

Un œuf même sain émet des gas, et si ceux-ci ne sont pas constamment éliminés, il se forme des moisissures et l'œuf prend goût de moisi. Si l'humidité de l'atmosphère n'est pas absolument correcte, il peut soit diminuer de poids, soit porter des taches de moisissure. Et la température ne doit dépasser dans aucun sens une marge très étroite de part et d'autre de 0° C. On ne peut entreposer les œufs avec d'autres marchandises car ils peuvent être gâtés par la plus légère odeur. Il faut donc prendre très grand soin de les entreposer à part dans des compartiments isolés, indépendants de ceux où l'on emmagasine les fruits et les autres denrées. Le beurre doit être conservé dans l'obscurité, sinon il perd sa couleur et sa saveur.

CONCLUSION

Il n'est pas possible de décrire ici les nombreuses applications de la réfrigération aux substances autres que les denrées alimentaires. Nous en avons dit suffisamment pour montrer que l'ingénieur et le chimiste ont, par le développement de la réfrigération, provoqué une révolution plus durable et plus importante qu'aucun politicien ou dictateur. Et ce fut une révolution qui a donné à l'homme une source sans cesse accrue d'agrément, et de santé.

Thomas Charles Hope, 1766—1844

JAMES KENDALL

Parmi les souvenirs que nous ont laissés les leçons de science reçues à l'école, ce sont les expériences qui gardent le plus de netteté. L'une de ces expériences était celle de Hope pour la détermination de la température à laquelle la densité de l'eau est la plus élevée. Quoi qu'il en soit, le nom de Hope reste dans notre mémoire et le Professeur Kendall nous dit ici quelle sorte d'homme il était.

Il y aura cent ans cette année que mourut Thomas Charles Hope, Membre de la *Royal Society*, Professeur de Chimie à l'Université d'Edimbourg de 1795 à 1844. Bien que son renom soit quelque peu éclipsé par l'œuvre remarquable de son prédécesseur Joseph Black, Hope est digne d'avoir sa place parmi ceux qui ont le plus contribué au progrès de la science. Il fut le premier en Grande-Bretagne à remplacer dans ses conférences publiques la théorie du phlogistique par les nouvelles doctrines de Lavoisier; il isola le premier composé du strontium; il fut le premier à établir la température exacte à laquelle la densité de l'eau est la plus élevée; et ce fut lui qui recommanda Humphry Davy au Comte Rumford comme conférencier à la *Royal Institution*.

Le père de Hope était Professeur de Botanique à l'Université d'Edimbourg, et il y entra lui-même comme étudiant à l'âge très précoce de 13 ans. Tout naturellement il s'intéressa particulièrement à la botanique et fit montre d'une telle compétence dans cette science qu'il fut proposé pour succéder à son père lorsque celui-ci mourut en 1786. Ceci était tout-à-fait conforme à la coutume de cette époque, en effet, la chaire d'anatomie était occupée depuis 126 ans par un Alexander Munro (trois générations successives, 1720–1846), mais le jeune homme, alors âgé de 20 ans, dut attendre l'année suivante pour être pourvu de son premier poste important à l'Université de Glasgow.

De même que son professeur à Edimbourg, Joseph Black, et que tous ses collègues britanniques, Hope était un fervent partisan de l'hypothèse du phlogistique de Stahl. Mais son ami Sir James Hall revint en Ecosse dans le courant de l'automne de 1787, après un séjour à Paris pendant lequel il avait passé beaucoup de temps avec Lavoisier qui avait fait devant lui un certain nombre d'expériences importantes encore inconnues de la majorité des chimistes. Hall et Hope discutèrent longuement sur les travaux de Lavoisier, et Hope fut bientôt convaincu de la valeur des théories nouvelles. L'hiver de cette même année il les enseigna au cours de ses conférences, et ce fut la première fois que les doctrines de Lavoisier furent exposées en public en Grande-Bretagne. L'été suivant, Hope se rendit lui-même à Paris où il fut profondément impressionné par l'amabilité et le talent de Lavoisier. « Peu de personnes ont déploré plus sincèrement le triste sort de cet homme accompli, qui lui avait prodigué les attentions les plus flatteuses » remarque son biographe [8].

En 1789, Hope fut nommé professeur assistant en médecine auprès de son oncle, le Dr Stevenson, à l'Université de Glasgow, et à la mort de son oncle en 1791, il devint titulaire de la chaire de Médecine pratique. Il donna alors sa démission de professeur en chimie, mais continua ses recherches personnelles sur son sujet favori, et en 1793, il fit une remarquable communication à la *Royal Society* d'Edimbourg sur un minerai provenant du village de Strontian.

Dans cet article [1] Hope confirmait une hypothèse faite par Crawford et quelques autres, selon laquelle ce minerai contenait une certaine « terre » possédant des propriétés nettement différentes de celles de la baryte avec laquelle elle se trouve mélangée. Hope donna à cette nouvelle terre le nom de *strontianite* d'après celui du village de Strontian, en Ecosse, où elle avait été trouvée. Sa préparation originale de ce que nous connaissons maintenant sous le nom d'hydroxyde de strontium se trouve encore à la section de chimie du musée de l'Université d'Edimbourg et porte la date 1791 : c'est une solution limpide saturée, avec un dépôt abondant de cristaux au fond du récipient (figure 2). Plusieurs autres chimistes ont revendiqué le mérite d'avoir découvert le strontium (il est bon de noter que le métal lui-même fut isolé pour la première fois par Humphry Davy en 1808), mais une étude soigneuse de la

littérature sur ce sujet justifie la déclaration de Traill [8]:

> Le seul chimiste qui ait le moindre droit de revendiquer le mérite d'avoir été le premier à déceler la terre Strontium, en dehors du Dr Hope, est M. Klaproth qui, dans les *Chemische Annalen* de 1793–94, comparait la Strontianite avec la Witherite. Ni Klaproth ni Hope ne semblent avoir eu connaissance de la découverte de l'autre . . . mais il est indubitable que c'est le Dr Hope qui a fait la première étude complète du sujet.

Ce brillant travail de recherche et la popularité de Hope dans son enseignement de la chimie à l'Université de Glasgow, donnèrent à Joseph Black, dont la santé allait en déclinant, l'idée de s'adjoindre cet élève plein d'avenir comme assistant puis successeur à la chaire de Chimie à Edimbourg, et c'est à ce titre que Hope fut choisi en 1795. A la session suivante, Black dut cesser ses célèbres conférences et présenta Hope à ses élèves en ces termes:

> Après avoir, pendant près de quarante ans, cru aux doctrines chimiques de Stahl et les avoir enseignées, j'ai été converti aux idées nouvelles sur l'action chimique; je souscris à presque toutes les doctrines de M. Lavoisier et je n'hésite pas à les enseigner. Mais mon collègue et ami, le Dr Hope, sera mieux à même que moi de vous les expliquer d'une façon plus complète puisqu'il a eu l'avantage de les apprendre de la bouche même de leur génial auteur.

A la mort de Black en décembre 1799, Hope devint titulaire de la chaire de Chimie à l'Université d'Edimbourg.

Il occupa ce poste pendant quarante-cinq ans. La variété et l'intérêt des expériences qui illustraient son cours et sa dextérité dans les manipulations de chimie, en firent le plus populaire de tous les professeurs de science qu'il y ait eu jusque là en Grande-Bretagne.

> Sa salle de cours était remplie, non seulement d'étudiants en médecine venus de tous les points des territoires britanniques, mais aussi de nombreux étrangers qui vinrent s'installer à Edimbourg pour y devenir ses élèves.

Il est certain que cette citation [8] n'est nullement exagérée puisque l'on sait que le nombre moyen de ceux qui suivaient ce cours passa de 225, à l'époque où Hope commença ses conférences, à 575 en 1827. En 1838, à la fin de sa cinquantième année d'enseignement de la chimie, il fut invité par un grand nombre de ses anciens élèves à un dîner officiel au cours duquel il déclara que, soit comme étudiant, soit comme professeur, il n'avait jamais manqué un cours, sauf pendant *une indisposition de six jours.*

Une assiduité aussi scrupuleuse à ses devoirs académiques devait inévitablement restreindre le rendement des recherches de Hope. Il se résigna non sans regret à cette limitation, ainsi qu'en témoigne la déclaration suivante trouvée dans ses papiers après sa mort:

> Ceux qui se consacrent à la science de la chimie peuvent être divisés en deux catégories. 1, Ceux dont les travaux portent sur des recherches originales, dans le but d'étendre notre connaissance des faits et des principes. 2, Ceux qui ont pour fonction de réunir tout ce que l'on sait des découvertes récentes et des recherches en cours, de condenser ces connaissances et de les grouper dans des conférences, de combiner des expériences appropriées pour les illustrer, et d'imaginer des appareils permettant de transmettre les connaissances de chimie aux générations nouvelles ou à ceux qui sont désireux de les acquérir. Par suite de ma profession je considère que, *tout comme le Dr Black avant moi*, j'appartiens à la seconde classe de chimistes.

Il réussit néanmoins à consacrer un peu de temps à la recherche. En 1804 il présenta à la *Royal Society* d'Edimbourg un important mémoire sur la contraction de l'eau par la chaleur aux basses températures [2]. Dès 1667, les académiciens florentins avaient remarqué que l'eau se dilate à mesure que sa température se rapproche de celle du point de congélation, et Croune avait démontré ce phénomène à la *Royal Society* de Londres au cours d'une conférence en 1683. Par la suite, plusieurs chercheurs avaient entrepris de déterminer la température exacte à laquelle la densité de l'eau atteint son maximum, mais ils n'avaient pu obtenir des résultats constants. Toutes leurs expériences étaient faites avec des tubes munis d'un gros réservoir à une extrémité, comme d'énormes thermomètres.

Hooke se contenta de déclarer, après la conférence faite par Croune, que la dilatation n'était qu'apparente. Cette opinion était encore admise plus de cent ans plus tard par de nombreux chimistes éminents, y compris Dalton, qui fit une série d'expériences peu concluantes et finalement attira l'attention de Hope sur ce phénomène dans une lettre personnelle. Hope résolut le problème de façon définitive par des expériences dans lesquelles les résultats ne pouvaient être influencés par des changements dans la capacité des récipients.

Il utilisa un récipient cylindrique en verre, profond d'environ 21,5 cm et large de 11,5 cm, rempli d'eau à la température de congélation, 0° C. Deux thermomètres très sensibles étaient suspendus à l'intérieur du récipient, le réservoir

FIGURE 1 – *Thomas Charles Hope.*
(*D'après la peinture par Raeburn.*)

de l'un se trouvant à environ 1,5 cm au-dessous de la surface du liquide, et celui de l'autre à la même distance du fond du cylindre. L'appareil était placé dans une pièce où la température était de 15,5° et les changements progressifs de température de l'eau furent notés soigneusement sur les deux thermomètres. De 0 à 3°, le thermomètre placé le plus bas marquait constamment une température plus élevée que le thermomètre placé au-dessus; ceci montrait que durant cet intervalle la densité de l'eau augmentait à mesure que la température d'élevait. En faisant l'expérience en sens inverse, c'est-à-dire en utilisant de l'eau à 10,5° et en plaçant le récipient dans un milieu à 0°, Hope trouva que pendant que la température s'abaissait jusqu'à 4,5°, l'eau se trouvant au fond du récipient était toujours la plus froide, mais que pendant le refroidissement de 4,5° au point de congélation, le thermomètre placé au fond restait plus haut que celui qui se trouvait près de la surface.

Il établit ainsi que la température à laquelle la densité de l'eau est la plus élevée se trouve entre 3° et 4,5°; la valeur finale donnée par Hope après avoir répété ses expériences en modifiant plusieurs fois sa technique était 3,95°. Ceci s'accorde bien avec la valeur admise aujourd'hui : 3,98°.

Dalton admit l'exactitude des observations de Hope, mais le Comte Rumford ne fut pas convaincu par la longue note ajoutée à l'article principal que sa théorie selon laquelle les liquides n'étaient absolument pas conducteurs de la chaleur était erronnée et que Hope avait démontré cela de façon concluante. Traversant Bristol en 1799, Hope rendit visite à son ami Thomas Beddoes, qui avait été son camarade d'études à Edimbourg et qui était l'un des premiers membres de la *Chemical Society* de l'Université d'Edimbourg en 1785 [6]. Dans le laboratoire de Beddoes, à la *Pneumatic Institution*, il trouva le jeune Davy, âgé de vingt ans, plongé dans ses expériences sur le protoxyde d'azote, et fut fortement impressionné

par son originalité et son génie inventif. Peu après, consulté sur le choix d'un « conférencier de talent » demandé par le Comte Rumford pour la *Royal Institution*, Hope recommanda chaleureusement le jeune Davy et celui-ci fut nommé en 1801. Jamais dans toute l'histoire de la chimie, recommandation ne fut mieux justifiée par les résultats.

Hope fit de son côté une impression profonde sur le jeune Davy. Ne pouvant réaliser son plus cher désir d'obtenir un diplôme de l'Université d'Edimbourg, Davy envoya son jeune frère (et futur biographe) John dans le laboratoire de Hope pour y faire ses études de chimie. C'est là que John fit une série de démonstrations sur la nature élémentaire du chlore pour réfuter les critiques de Murray sur le travail de Humphry.

En 1826, à l'âge de 60 ans, Hope suivit l'exemple de Davy qui remportait un grand succès mondain à la *Royal Institution*, et il institua «une courte série de conférences de chimie à l'usage des gens du monde». Sa vaste salle de conférences était remplie d'un public brillant; et il fit don des recettes — se montant à 800 £ — au *Senatus Academicus* pour la fondation d'un prix attribué « à l'auteur du meilleur travail sur un sujet chimique donné, illustré par des expériences ». Cette donation a été augmentée depuis, et chaque année cinq bourses d'études du Prix Hope sont attribuées à des étudiants de chimie de l'Université d'Edimbourg.

FIGURE 2 – *La préparation originale de Hope d'hydroxyde de strontium.*

Hope resta célibataire. Son travail, ses élèves, lui tinrent lieu de famille. La figure 1 reproduit le portrait de Hope par Raeburn. Lorsque Georges IV se rendit à Edimbourg en 1822, l'enthousiasme patriotique des écossais provoqua une telle demande pour des effigies de la personne royale, que l'on utilisa tout simplement des reproductions gravées de ce portrait auquel on avait seulement ajouté le ruban de l'Ordre de la Jarretière en travers de la poitrine. D'après Sir James Walker, ces gravures sont maintenant très rares et leur prix est élevé. L'histoire ne nous dit pas lequel fut le plus flatté de cet incident — Hope ou Georges IV!

Bien après la fin du règne de ce dernier, son double scientifique poursuivait ses activités chimiques. Hope donna sa dernière série de cours en 1843. Au printemps de la même année il se révéla à nouveau comme chercheur dans trois communications à la *Royal Society* d'Edimbourg dont il était alors vice-président. Deux de ces articles [3] [4] traitent de la constitution des matières colorantes dans les feuilles et les fleurs, le troisième [5] discutait les phénomènes de températures de la fameuse caverne glaciale d'Orenburg. Avec l'arrivée de l'automne la santé de Hope s'altéra, il s'éteignit le 13 juin 1844. Son ami Dalton mourut quelques semaines plus tard.

BIBLIOGRAPHIE

[1] HOPE, T. S. «An Account of a Mineral from Strontian and of a peculiar species of Earth which it contains», *Trans. roy. Soc. Edinb.*, 1798, **4,** 3.

[2] *Idem.* «On the Contraction of Water by Heat, at Low Temperatures». *Trans. roy. Soc. Edinb.*, 1805, **5,** 379.

[3] *Idem.* «Observations and Experiments on the Coloured and Colourable Matters in the Leaves and Flowers of Plants», *Proc. roy. Soc. Edinb.*, 1845, **1,** 126.

[4] *Idem.* «Observations on the Flowers of the *Camellia japonica*, etc.», *Proc. roy. Soc. Edinb.*, 1845, **1,** 419.

[5] *Idem.* «An Attempt to explain the Phenomena of the Freezing Cavern at Orenburg», *Proc. roy. Soc. Edinb.*, 1845, **1,** 429.

[6] KENDALL, JAMES. «Some Eighteenth-century Chemical Societies», *Endeavour*, 1942, **1,** 106.

[7] MACKENZIE, J. E. «The Chair of Chemistry in the University of Edinburgh in the XVIIIth and XIXth Centuries», *J. chem. Educ.*, 1935, **12,** 503.

[8] TRAILL, T. S. «Memoir of Dr Thomas Charles Hope, late Professor of Chemistry in the University of Edinburgh», *Trans. roy. Soc. Edinb.*, 1848, **16,** 419.

Revue des livres

MOUVEMENT DE ROTATION DE LA VOIE LACTÉE

Stellar Dynamics and Galactic Rotation, *par S. W. Shiveshwarkar. Pp. iv* + 171. *Lucknow University Studies No. xvi.* 1943.

La dynamique stellaire se rapporte à la distribution dans l'espace et à la vélocité des étoiles d'un système à chaque moment dans l'espace et dans le temps. Les méthodes sont nécessairement statistiques, puisqu'il n'est pas nécessaire de faire le tracé du mouvement de chaque étoile en particulier. L'étude de l'état stable des systèmes stellaires est spécialement intéressant. Bien qu'il y ait une grande analogie entre un système stellaire et un gaz, il existe, cependant, cette différence importante que les passages voisins et les collisions entre étoiles sont rares, tandis que les molécules gazeuses entrent fréquemment en collision. On sait que dans un système stellaire, l'attraction entre les membres obéit à la loi de l'inverse des carrés. Les premières recherches de Jeans, Eddington et Charlier établirent un certain nombre de points généraux. L'application des méthodes de dynamique stellaire à l'étude de la rotation de la voie lactée est intéressante et permet de tirer quelques conclusions sur la distribution de la matière dans la voie lactée. Le phénomène du courant stellaire et celui du mouvement relatif asymétrique des étoiles à mouvement très rapide sont expliqués, mais on constate une différence de 20° environ entre la direction calculée et la direction observée des courants. Shiveshwarkar démontre que l'on peut expliquer ceci en supposant qu'il y a dilatation de la voie lactée; ceci n'est pas nécessairement exact et cette explication a été critiquée par Lindblad et par d'autres. Il peut s'agir de mouvements en spirale.

H. SPENCER JONES

THÉORIE ET PRATIQUE DE LA FABRICATION DES VERRES OPTIQUES

Optical Workshop Principles, *par Charles Dévé, traduit par T. L. Tippall. Pp. xiv* + 306. *Adam Hilger Limited, Londres.* 1943. 20*s.* net.

Messieurs Adam Hilger et T. L. Tippall viennent de rendre un précieux service aux opticiens de langue anglaise en publiant ce livre qui n'était que peu connu dans la Grande-Bretagne, bien que le texte original français ait été publié par l'Institut d'Optique à Paris en 1936. Cet ouvrage contient des exposés originaux relatifs à la théorie du moulage des verres d'optique et est le seul ouvrage qui à la connaissance de l'auteur, trait d'une façon satisfaisante l'aspect cinématique de ce sujet. Ce livre ne manquera pas d'être apprécié surtout par ceux qui désirent abréger et faciliter le cours nécessairement si long de cette étude en la faisant reposer sur l'exemple plutôt que sur la théorie.

On ne peut évidemment pas s'attendre à ce que ce livre mentionne les nouveaux détails de technique qui ont été introduits au cours de cette guerre, mais si l'on désire un excellent ouvrage de base, *Optical Workshop Principles* rendra sans aucun doute, des services inappréciables.

L. C. MARTIN

DICTIONNAIRE DES COMPOSÉS ORGANIQUES

Dictionary of Organic Compounds, Volumes II & III, *publié par I. M. Heilbron et H. M. Bunbury. Pp. viii* + 891 *et viii* + 977. *Eyre & Spottiswoode Limited, Londres. Nouvelle édition revue et complétée,* 1943. £6 6*s. net chaque volume.*

En raison des difficultés causées par la guerre, il n'a pas été possible d'entreprendre la réédition des volumes II et III de ce dictionnaire, ainsi qu'il avait été fait pour le Volume I (mentionné dans cette rubrique, dans ENDEAVOUR **3,** 43). Ces deux volumes ont donc été réimprimés sans aucune modification, mais ils ont été complétés par deux suppléments comprenant respectivement 42 et 32 pages. Ils mentionnent essentiellement des produits naturels (en particulier des alcaloïdes), récemment étudiés, des dérivés aromatiques polynucléaires, et des composés hétérocycliques; on y trouve également des références renvoyant aux autres volumes. Les références bibliographiques de ces suppléments sont à jour jusqu'en 1942, mais certains composés y apparaissent avec une bibliographie s'arrêtant en 1920.

Il va sans dire que, dans les circonstances actuelles, la mise à jour de ces volumes, n'a pas dû être une tâche aisée. La nomenclature d'une bibliographie récente mise ainsi à la disposition des spécialistes de chimie organique, fait de cet ouvrage un précieux auxiliaire de travail. Par contre, étant donné le contenu assez réduit des suppléments, il eut été souhaitable que ceux qui possèdent déjà les volumes II et III eussent pu acquérir ces suppléments, indépendemment du reste, en attendant que des conditions plus normales permettent la réédition du dictionnaire tout entier.

J. W. BAKER

LA MÉTALLURGIE À LA PORTÉE DE TOUS

Metals in the Service of Man, *par William Alexander et Arthur Street.* (*Un livre «Pelican».*) *Pp.* 192. *Penguin Books Limited, Harmondsworth et New York.* 1944. 9*s. net.*

L'art d'extraire et de travailler les métaux remonte à la plus haute antiquité, mais l'industrie des alliages légers est relativement récente et a ouvert un champ illimité d'utilisations nouvelles. La manière extraordinaire dont les propriétés d'un métal quelconque peuvent être modifiées par addition d'éléments convenablement choisis, est une des réalisations les plus saisissantes des temps modernes. Les auteurs de ce livre espèrent « qu'il intéressera tous ceux qui, au cours de leur existence journalière, manipulent des métaux, peut-être même ceux qui ne les ont jamais connus autrement que sous l'aspect d'un clavier de machine à écrire, ou sous celui des différentes pièces qui composent un fusil». Bien que cet ouvrage ne vise pas à apporter une contribution profonde à la littérature de la métallurgie, les auteurs n'ont pas hésité à y introduire des discussions de découvertes récentes, qui, elles, sont de première importance en ce qui concerne l'emploi des métaux. Par exemple, les méthodes aux rayons X, pour les analyses de structure, constituent maintenant pour les métallurgistes un des plus puissants moyens d'étude d'un métal quelconque. Ce livre passionnant, mérite l'accueil chaleureux d'un vaste public, car les auteurs ont réussi à présenter avec érudition, enthousiasme et talent, les aspects variés d'une grande industrie.

W. WARDLAW

STRUCTURE ULTRA-FINE DES CHARBONS ET DU COKE

Proceedings of a Conference on the Ultra-Fine Structure of Coals and Cokes, held at the Royal Institution, London, 24th–25th June, 1943, *par la British Coal Utilization Research Association. Pp.* 366. *H. K. Lewis & Company Limited, Londres.* 1944. 25*s. net.*

Dans la Préface des *Proceedings*, Sir Evan Williams souligne le fait que nous entrons dans une période où les grandes industries basées sur l'emploi du charbon en tant que produit chimique brut, sont appelées sans aucun doute à être considérablement développées. Ce point de vue met en évidence l'importance qu'il y a à pousser les recherches permettant de découvrir les propriétés fondamentales du charbon, et l'utilisation de toutes les ressources qu'il peut offrir. C'est dans ce but, que deux groupes bien distincts avaient été priés de prendre part à cette conférence: d'une part, ceux qui s'occupent de la production et de l'emploi du charbon, puis, des savants venus d'Universités et de collèges techniques. On a généralement admis que cette Conférence avait été une expérience hardie parce que les problèmes choisis étaient difficiles et la majorité des 22 dossiers présentés constituaient des études d'importance fondamentale sur certains aspects de structure.

Dans la plupart des cas, ces études sont suivies d'une bibliographie et de détails se rapportant à la discussion. Outre un index d'auteurs et de sujets, il y a 119 figures environ, graphiques pour la plupart, 70 tables de données numériques, et 14 planches hors texte, d'une reproduction impeccable. L'ensemble de cet ouvrage, constitue un volume que devraient parcourir avec soin tous ceux qui s'intéressent à l'emploi du charbon.

ARTHUR MARSDEN

LA CHIMIE DU DOPAGE DES CHEVAUX

Notas Microquímicas sobre « Doping », *par Dr Enrique Herrero Ducloux. Pp.* 265. *Peuser Limitada, Buenos Aires.* 1943.

Il y a quelques années le Comité des Courses du Jockey Club de Buenos Aires, convoqua un groupe d'experts—chimistes, physiciens, vétérinaires—présidé par un juriste, afin qu'il établisse scientifiquement un système de contrôle sur les chevaux prenant part aux courses. C'est à cet effet que l'auteur a recherché les méthodes capables de révéler « les dopages », et son livre rapporte les résultats.

Il attire l'attention sur la formation de précipités cristallins des dérivés des drogues employées; il fournit des descriptions de réactifs qui se sont révélés utiles, indiquant les concentrations auxquelles ils doivent être employés, et donne environ deux cents d'excellentes microphotographies de préparations cristallines données par les trente-huit drogues qu'il a sélectionnées. Pour les expériences probantes telles que les traditionnelles réactions colorées, il reporte le lecteur aux ouvrages classiques de toxicologie, mais néanmoins, il fait sur chaque drogue, une brève et descriptive monographie.

La variété des drogues dont on traite en la matière, est la preuve évidente de l'ingéniosité et du modernisme pharmacologique des pourvoyeurs de « dopages ». N'y figurent pas seulement les stimulants, les sédatifs, et poisons, auxquels on s'attend, mais aussi des substances capables d'influencer les sécrétions glandulaires et la température, ainsi que des matières inoffensives telles l'urée, ayant pour but de dérouter les recherches du chimiste.

T. A. HENRY

PRÉPARATIONS BIOLOGIQUES ÉTALONS

Biological Standardization, VI (Bulletin of Health Organization). *Pp.* 80. *Allen & Unwin Limited* (*League of Nations Publications Department*), *Londres.* 1942–43. 4*s. net.*

Il est assez curieux de constater qu'en 1944, la Société des Nations existe toujours, et que son Service de Santé vient de publier un autre numéro de son Bulletin. C'est sans doute dans ce domaine que la coopération internationale s'est avérée la plus durable et la plus heureuse, car, sa contribution aux sciences médicales a été d'une valeur incontestable. L'étalonage biologique, impliquant une convention concernant les étalons et les unités de mesure des agents thérapeutiques, est d'un intérêt certain pour tous les pays, car c'est grâce à lui que bien des recherches ont pu être complétées, et d'autres effectuées en commun.

Le bulletin qui vient d'être publié traite en grande partie du remplacement des préparations étalons rassemblées avant la guerre grâce à un accord international et qui tendent à s'épuiser maintenant. Dans le cas d'extrait de lobe postérieur de la glande pituitaire, par exemple, le National Institute for Medical Research, de Hampstead, possédait un stock de ce produit pour distribution aux chercheurs du monde entier et destiné à être employé comme étalon de comparaison pour l'évaluation de l'activité des échantillons fraîchement préparés. Le remplacement de ce stock qui s'épuise comporte un travail considérable, car le nouveau standard est distribué à un grand nombre de chercheurs afin d'en avoir leur opinion, par comparaison avec l'ancien. Le rapport entre les deux produits est établi en prenant une moyenne arbitraire de ces opinions. Le Bulletin comporte encore un rapport de travaux sur les préparations étalons des trois antitoxines de la gangrène gazeuse et de l'héparine. Ce travail a permis de réaliser un progrès considérable dans le développement des substances thérapeutiques dans le monde entier.

TRAITEMENT DES NÉMATODES CHEZ LES AGNEAUX

Co-ordinated Trials with Phenothiazine against Nematodes in Lambs. *Imperial Agricultural Bureaux, Joint Pub. No.* 4. *Agricultural Research Council of the United Kingdom, Londres.* 1943. 3*s.* 6*d.*

Ce compte-rendu est intéressant, non seulement par l'exposé des résultats obtenus, mais aussi par celui des méthodes employées. Les expériences ont été menées de telle façon qu'il a été possible de faire des statistiques des résultats obtenus dans un certain nombre de différents centres, et ce rapport mentionne deux méthodes statistiques nouvelles. On a relevé que chez les troupeaux qui restent à la bergerie, on avait obtenu les meilleurs résultats (diminution appréciable du nombre des œufs) en employant la dose minima (5 gr.). On a relevé d'autre part, que si, chez les troupeaux au pâturage, le nombre des œufs n'avait pas diminué dans les mêmes proportions à cause de la recontamination perpétuelle (excepté dans le cas de troupeaux placés dans de nouveaux pâturages), on avait pourtant constaté une augmentation de poids proportionnelle aux doses employées (jusqu'à 50 gr.).